

**OPTIMASI PENAMBAHAN NATRIUM METABISULFIT DAN SUHU
EVAPORASI VAKUM PADA PEMBUATAN KONSENTRAT NIRA
SORGUM MANIS (*Sorghum bicolor* L. Moench) MENGGUNAKAN
RESPONSE SURFACE METHODOLOGY**

SKRIPSI

Oleh:

MISI WAHYU PUTRI

145100101111021

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknologi Pertanian



JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2018

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul : Optimasi Penambahan Natrium Metabisulfit dan Suhu
Evaporasi Vakum pada Pembuatan Konsentrat Nira
Sorgum Manis (*Sorghum bicolor* L. Moench)
Menggunakan *Response Surface Methodology*

Nama Mahasiswa : Misi Wahyu Putri

Nim : 145100101111021

Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Pembimbing I,



Dr. Ir. Sudarminto Setyo Yuwono., M.App.Sc
NIP 19631216 198803 1 002

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Optimasi Penambahan Natrium Metabisulfat dan Suhu
Evaporasi Vakumpada Pembuatan Konsentrat Nira
Sorgum Manis (*Sorghum bicolor* L. Moench)
Menggunakan *Response Surface Methodology*

Nama Mahasiswa : Misi Wahyu Putri

Nim : 145100101111021

Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian

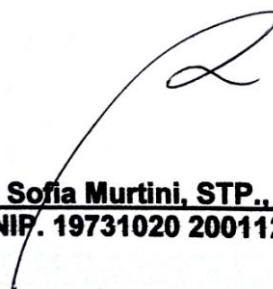
Fakultas : Teknologi Pertanian

Dosen Penguji I



Agustin Krisna Wardani, STP., M.Si., Ph.D.
NIP. 19690807 1997022001

Dosen Penguji II



Erni Sofia Murtini, STP., MP., Ph.D
NIP. 19731020 200112 2 001

Dosen Penguji III



Dr. Ir. Sudarminto Setyo Yuwono., M.App.Sc
NIP. 19631216 198803 1 002

Ketua Jurusan,



Prof. Dr. Teti Estiasih., STP., MP
NIP. 19701226 200212 2 001

Tanggal Lulus:.....

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Tulungagung pada 12 Februari 1996 sebagai anak kedua dari dua bersaudara pasangan Moh.Madjid dan Siti Sundari. Penulis menyelesaikan Taman Kanak-Kanak di TK Dharma Wanita pada tahun 2002, pendidikan dasar di SDN Bungur 1 pada tahun 2008 dan pendidikan menengah pertama di SMPN 4 Tulungagung di tahun 2011. Pada 2014 penulis lulus dari SMAN 1 Boyolangu dan di tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Brawijaya Malang jurusan Teknologi Hasil Pertanian melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi (SNMPTN) yang kemudian lulus pada tahun 2018.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam beberapa kepanitiaan dan organisasi kemahasiswaan sebagai Staff Muda Divisi Strakominfo Himalogista (2015-2016), Staff Divisi HRD IAAS LC UB (2015-2016), Staff Divisi Strakominfo Himalogista (2016-2017), dan Staff Biro Kementrian Puskominfo EM UB (2016-2017). Penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Fisika Dasar pada tahun ajaran 2015-2016 dan 2016-2017.



PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Misi Wahyu Putri

NIM : 145100101111021

Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Judul Skripsi : Optimasi Penambahan Natrium Metabisulfit dan Suhu Evaporasi Vakumpada Pembuatan Konsentrat Nira Sorgum Manis (*Sorghum bicolor* L. Moench) Menggunakan *Response Surface Methodology*

Menyatakan bahwa,

Skripsi dengan judul di atas merupakan karya asli penulis tersebut di atas. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar saya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, Mei 2018

Pembuat Pernyataan,

Misi Wahyu Putri
NIM. 145100101111021

HALAMAN PERUNTUKAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayahNya, serta sholawat dan salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk Ibu, Bapak, Kakak, Sahabat serta teman-teman yang telah memberi dukungan, doa serta motivasi selama ini.

Semoga ilmu yang saya miliki dapat bermanfaat bagi sesama.

Aaamiin Ya Rabbal Alaamin.

Allah will give you more than you've expected.



MISI WAHYU PUTRI. 145100101111021. Optimasi Penambahan Natrium Metabisulfit dan Suhu Evaporasi Vakum pada Pembuatan Konsentrat Nira Sorgum Manis (*Sorghum bicolor* L. Moench) Menggunakan *Response Surface Methodology*. Tugas Akhir. Pembimbing: Dr. Ir. Sudarminto Setyo Yuwono, M. App, Sc.

RINGKASAN

Tanaman sorgum manis (*Sorghum bicolor* L. Moench) merupakan salah satu alternatif bahan baku gula cair. Proses evaporasi nira secara konvensional bertujuan untuk menaikkan ⁰Brix namun dapat menghasilkan produk setengah jadi yang memiliki warna gelap. Untuk mendapatkan konsentrat nira sorgum manis sebagai bahan baku pembuatan gula cair, tahapan yang dilakukan diantaranya adalah ekstraksi secara mekanis batang sorgum manis dengan menggunakan mesin gilingan 3 roll untuk mendapatkan nira sorgum manis. Kemudian dilakukan proses penjernihan dengan menambahkan zeolit untuk mengikat zat pengotor, dan dilakukan proses evaporasi vakum dengan menggunakan *Falling Film Evaporator*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui suhu evaporasi vakum dan penambahan natrium metabisulfit yang optimum agar didapatkan konsentrat nira sorgum manis dengan warna yang lebih terang. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Response Surface Methodology* dengan rancangan *Central Composite Design* (CCD). Faktor I adalah konsentrasi penambahan natrium metabisulfit dengan batas bawah sebesar 0,1 g/L dan batas atas 0,5 g/L. Faktor II adalah suhu evaporasi dengan batas bawah 70⁰C dan batas atas 90⁰C. Berdasarkan *software Design Experts 7.1.5* didapatkan rancangan percobaan sebanyak 13 run. Respon utama yang diamati pada penelitian ini adalah nilai TSS (*Total Soluble Solid*) dan nilai kecerahan (L*). Kemudian pada hasil optimum dilakukan pengamatan beberapa parameter diantaranya pH, TSS, warna (L*, a*, b*), densitas, turbiditas, viskositas dan rendemen.

Hasil penelitian pada sampel optimum didapatkan kombinasi penambahan natrium metabisulfit sebesar 0,50 g/L dan suhu evaporasi vakum 83,71⁰C dengan nilai prediksi TSS sebesar 42,44⁰Brix dan nilai kecerahan sebesar 36,67. Kemudian setelah dilakukan verifikasi didapatkan nilai TSS sebesar 42,40⁰Brix dengan nilai kecerahan sebesar 36,13. Hasil optimum dilakukan analisis dan didapatkan nilai pH sebesar 6,01, TSS 42,40⁰Brix, L* 36,13, a* +0,08, b* +17,08, turbiditas 1227 NTU, viskositas 10,33 Cp, densitas 1,182 gr/mL dan rendemen 28,64%.

Kata Kunci: Evaporasi, *Falling Film Evaporator*, Natrium Metabisulfit, Nira Sorgum, Optimasi, *Response Surface Methodology*

repository.ub.ac.id

MISI WAHYU PUTRI. 145100101111021. Optimization of Addition Sodium Metabisulphite and Vacuum Evaporation Temperature on Production of Sweet Sorghum Juice (*Sorghum bicolor* L. Moench) Concentrate Using Response Surface Methodology. Thesis. Advisor: Dr.Ir. Sudarminto Setyo Yuwono, M. App, Sc.

SUMMARY

Sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) is one of the plants that can be used as liquid sugar source. The aim of sorghum juice evaporation is to raise the °Brix. The process produces a dark color concentrate. To get sweet sorghum juice as raw material for making liquid sugar, the sweet sorghum stems are pressed by using 3 roll rolling machines. Then the juice is purified by adding zeolite to bind impurities, and followed by vacuum evaporation process using the Falling Film Evaporator.

Aim of the study was to optimize the addition of sodium metabisulphite and temperature of evaporation in order to produce the lighter color sweet sorghum concentrate. This current study employed Response Surface Methodology with the design of Central Composite Design (CCD). Factor I was the addition concentration of sodium metabisulphite with a lowest addition of 0.1 g/L and the highest of 0.5 g/L. Factor II was evaporation temperature with a lowest temperature of 70°C and the highest of 90°C. From the factor used, 13 treatments were obtained. The research was executed using Design Experts 7.1.5 software. The major responses in this research were the value of TSS (Total Soluble Solid) and the lightness value (L*). The optimum results were perceived by several parameters, such as: pH, TSS, color (L*, a*, b*), density, turbidity, viscosity and yield.

The result showed that the optimum treatment was a combination of addition of sodium metabisulphite of 0.50 g/L and vacuum evaporation temperature of 83.71°C. The treatment predicted the value of TSS is 42.44°Brix and the lightness value of 36.67. In verification process, it produced the TSS of 42.40°Brix and the lightness value of 36.13. The product was characterized by pH value of 6.01, redness +0.08, yellowness +17.08, turbidity 1227 NTU, viscosity 10.33 cP, density 1,182 gr/mL and yield 28,64%.

Keywords: Evaporation, Falling Film Evaporator, Optimization, Response Surface Methodology, Sodium Metabisulphite, Sorghum Juice,

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Optimasi Penambahan Natrium Metabisulfit dan Suhu Evaporasi pada Pembuatan Konsentrat Nira Sorgum Manis (*Sorghum bicolor* L. Moench) Menggunakan *Response Surface Methodology*”. Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat akademik dalam menempuh jenjang pendidikan Sarjana Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya.

Dalam kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua, kakak, keluarga besar, dan para sahabat yang telah memberikan doa serta motivasi
2. Bapak Dr. Ir. Sudarminto Setyo Yuwono, M.App.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran dan motivasi
3. Bapak Dego Yusa Ali STP., M.Sc dan Ibu Nur Istianah, S.T., M.Eng yang telah memberikan arahan dalam pengerjaan proyek untuk tugas akhir
4. Tim proyek sorgum manis yang memberikan dukungan dan bantuan untuk menyelesaikan tugas akhir ini
5. Teman seperjuangan saat melakukan penelitian skripsi, Savrida Nurahmi
6. Teman-teman di THP dan Fakultas Teknologi Pertanian khususnya angkatan 2014, serta kepada semua pihak yang telah membantu, sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam laporan ini, sehingga penulis mengarapkan kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukannya.

Malang, Mei 2018

Misi Wahyu Putri

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	vi
SUMMARY	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Hipotesis Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Sorgum manis (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench)	4
2.1.1 Morfologi Tanaman Sorgum	5
2.1.2 Pemanfaatan Sorgum.....	7
2.1.3 Potensi Tanaman Sorgum.....	7
2.2 Nira.....	8
2.2.1 Nira Sorgum	8
2.2.2 Kualitas Nira Sorgum.....	9
2.3 Konsentrat	11
2.4 Gula Cair	12
2.5 Natrium Metabisulfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_6$)	13
2.6 Zeolit.....	14
2.7 Evaporasi.....	15
2.7.1 Evaporator.....	17
2.7.2 <i>Falling Film Evaporator</i> (FFE)	17
2.8 Penelitian Terdahulu tentang Evaporasi dan Natrium Metabisulfit.....	19
BAB III. METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	21

3.2 Alat dan Bahan	21
3.2.1 Alat.....	21
3.2.2 Bahan.....	21
3.3 Metode Penelitian	21
3.4 Pelaksanaan Penelitian	22
3.4.1 Penelitian Pendahuluan.....	23
3.4.2 Penelitian Utama	23
3.5 Diagram AlirPenelitian	25
3.5.1 Proses Ekstraksi Nira Sorgum.....	25
3.5.2 Aktivasi Zeolit dengan Menggunakan HCl	25
3.5.3 Pembuatan Konsentrat Nira Sorgum	26
3.6 Pengamatan	27
3.7 Analisis Data.....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Karakteristik Nira Sorgum Manis.....	28
4.2 Optimasi Suhu dan Penambahan Natrium Metabisulfit	31
4.3 Analisis Metodologi Permukaan Respon.....	31
4.3.1 Pemilihan Model Respon TSS.....	32
4.3.1.1 Berdasarkan <i>Sequential Model Sum of Squares</i>	32
4.3.1.2 Berdasarkan <i>Lack of Fit Tests</i>	32
4.3.1.3 Berdasarkan <i>Model Summary Statistic</i>	33
4.3.1.4 Hasil Analisis Ragam (ANOVA).....	34
4.3.1.5 Pengaruh Faktor Terhadap Nilai Respon TSS	35
4.3.2 Pemilihan Model Respon Kecerahan (<i>Lightness</i>)	38
4.3.2.1 Berdasarkan <i>Sequential Model Sum of Squares</i>	38
4.3.2.2 Berdasarkan <i>Lack of Fit Tests</i>	38
4.3.2.3 Berdasarkan <i>Model Summary Statistic</i>	39
4.3.2.4 Hasil Analisis Ragam (ANOVA).....	40
4.3.2.5 Pengaruh Faktor Terhadap Nilai Respon Kecerahan	41
4.4 PenentuanTitik Optimum Suhu Evaporasi dan Penambahan Natrium Metabisulfit	44
4.5 Verifikasi Hasil Optimum Suhu Evaporasi dan Penambahan Natrium Metabisulfit terhadap Respon Nilai TSS dan Kecerahan.....	44
4.6 Analisis Karakteristik Konsentrat Nira Sorgum Formulasi Optimum	45
4.6.1 pH	46

4.6.2 TSS	46
4.6.3 Warna	47
4.6.4 Turbiditas	48
4.6.5 Viskositas	49
4.6.6 Densitas	49
4.6.7 Rendemen.....	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA.....	52
LAMPIRAN.....	61



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan Nutrisi Sirup Gula Cair Sorgum.....	13
Tabel 3.1 Rancangan Percobaan Pembuatan Konsentrat Nira Sorgum	22
Tabel 3.2 Data Hasil Penelitian Pendahuluan.....	23
Tabel 4.1 Analisis Karakteristik Bahan Baku	28
Tabel 4.2 Hasil Analisis Respon Nilai TSS dan Kecerahan	31
Tabel 4.3 Data <i>Sequential Model Sum of Squares</i> Respon TSS	32
Tabel 4.4 Data Analisis <i>Lack of Fit Tests</i> Respon TSS.....	33
Tabel 4.5 Hasil Pemilihan Model Berdasarkan <i>Model Summary Statistic</i>	33
Tabel 4.6 Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Respon TSS	34
Tabel 4.7 <i>Sequential Model Sum of Squares</i> Respon TSS.....	38
Tabel 4.8 Data Analisis <i>Lack of Fit Tests</i> Respon TSS.....	39
Tabel 4.9 Hasil Pemilihan Model Berdasarkan <i>Model Summary Statistic</i>	39
Tabel 4.10 Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Respon TSS	40
Tabel 4.11 Penentuan Titik Optimum	44
Tabel 4.12 <i>Point Prediction</i> Suhu Evaporasi dan Penambahan Natrium Metabisulfat.....	44
Tabel 4.13 <i>Point Prediction</i> Hasil Optimum Respon Utama.....	45
Tabel 4.14 Perbandingan Antara Hasil Optimasi dengan Hasil Verifikasi	45
Tabel 4.15 Perbandingan Nira Sorgum Mentah dan Hasil Analisis Karakteristik Konsentrat Nira Sorgum.....	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tanaman Sorgum Manis	5
Gambar 2.2 Struktur Natrium Metabisulfite	13
Gambar 2.3 Skema dan Bagian-Bagian <i>Falling Film Evaporator</i>	18
Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Ekstraksi Nira Sorgum	25
Gambar 3.2 Diagram Alir Aktivasi Zeolit dengan Menggunakan HCl	25
Gambar 3.3 Diagram Alir Pembuatan Konsentrat Nira Sorgum	26
Gambar 4.1 Kurva <i>Normal Plot of Residuals</i> terhadap Respon TSS.....	35
Gambar 4.2 Kurva <i>Residuals vs Predicted</i> terhadap Respon TSS.....	36
Gambar 4.3 <i>Contour Plot</i> Kurva Permukaan Terhadap Respon Nilai TSS.....	37
Gambar 4.4 Grafik Interaksi Faktor Terhadap Nilai TSS	37
Gambar 4.5 Kurva <i>Normal Plot of Residuals</i> terhadap Respon Kecerahan.....	41
Gambar 4.6 Kurva <i>Residuals vs Predicted</i> terhadap Respon Kecerahan	42
Gambar 4.7 <i>Contour Plot</i> Kurva Permukaan Terhadap Respon Kecerahan.....	43
Gambar 4.8 Grafik Interaksi Faktor Terhadap Nilai Kecerahan.....	43



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Prosedur Analisis	61
Lampiran 1.1 Analisis pH	61
Lampiran 1.2 Analiss <i>Total Soluble Solid</i> (TSS).....	61
Lampiran 1.3 Analisis Warna	61
Lampiran 1.4 Analisis Densitas.....	62
Lampiran 1.5 Analisis Turbiditas	62
Lampiran 1.6 Analisis Viskositas.....	63
Lampiran 1.7 Rendemen	64
Lampiran 2 Analisis Data Hasil Respon Nilai TSS dan Kecerahan	64
Lampiran 2.1 Data Hasil Pemilihan Uraian Jumlah Kuadrat Respon TSS.....	64
Lampiran 2.2 Hasil Analisis Pemilihan Model Berdasarkan Pengujian Ketidaktepatan Respon Nilai TSS	65
Lampiran 2.3 Data Hasil Analisis Pemilihan Model Berdasarkan Ringkasan Statistik Respon Nilai TSS	65
Lampiran 2.4 Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Respon Nilai TSS.....	65
Lampiran 2.5 Data Hasil Pemilihan Uraian Jumlah Kuadrat Respon Nilai Kecerahan	65
Lampiran 2.6 Hasil Analisis Pemilihan Model Berdasarkan Pengujian Ketidaktepatan Respon Kecerahan.....	66
Lampiran 2.7 Data Hasil Analisis Pemilihan Model Berdaasarkan Ringkasan Statistik Respon Kecerahan	66
Lampiran 2.8 Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Respon Kecerahan	66
Lampiran 2.9 Persamaan Model Polinomial Nilai TSS	66
Lampiran 2.10 Persamaan Model Polinomial Kecerahan.....	67
Lampiran 3 Titik Optimum yang Disarankan oleh <i>Design Expert 7.1.5</i>	67
Lampiran 4 Prediksi Verifikasi Hasil Optimum.....	67
Lampiran 5 Hasil Analisis Respon Utama Rancangan <i>Design Expert</i>	67
Lampiran 5.1 Hasil Analisis Respon Nilai TSS.....	67
Lampiran 5.2 Hasil Analisis Respon Kecerahan	68
Lampiran 6 Data Hasil Analisis Karakteristik Sampel Optimum.....	69
Lampiran 6.1 pH	69
Lampiran 6.2 TSS.....	69

Lampiran 6.3 Viskositas.....	69
Lampiran 6.4 Turbiditas	69
Lampiran 6.5 Densitas.....	69
Lampiran 6.6 Warna	70
Lampiran 6.7 Rendemen	70
Lampiran 7 Dokumentasi Penelitian.....	70



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peran gula sebagai pemanis saat ini masih didominasi oleh gula pasir. Menurut Kementerian Perindustrian, di tahun 2016 kebutuhan gula di Indonesia mencapai 5,7 juta ton per tahun sedangkan total produksi gula hanya sebesar 2,2 juta ton per tahun. Berdasarkan hal tersebut, perlu adanya alternatif bahan pemanis selain gula pasir, yakni gula cair. Gula cair dirasa lebih efektif dan praktis karena mudah diaplikasikan dengan bahan makanan lainnya. Selain itu, proses pembuatan gula cair membutuhkan energi lebih sedikit dibanding proses pembuatan gula pasir.

Tanaman sumber gula utama yang dikembangkan di Indonesia adalah tebu. Alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan pemanfaatan tumbuhan yang memiliki potensi untuk dikembangkan dan diolah menjadi gula, salah satunya adalah tanaman sorgum manis (*Sorghum bicolor* L. Moench) karena nira sorgum manis memiliki kandungan gula yang tidak jauh berbeda dengan nira tebu dan mempunyai daerah adaptasi yang luas. Selama ini, batang dari tanaman sorgum manis hanya digunakan sebagai pakan ternak. Menurut Andrzejewski *et al.* (2013), tanaman sorgum manis sangat potensial untuk digunakan sebagai tanaman penghasil gula karena memiliki banyak kandungan air dan gula. Kandungan gula pada nira sorgum sebesar 16,8°Brix (total gula 142 g/L) tidak jauh berbeda dengan nira tebu yakni 15,7°Brix (total gula 131 g/L).

Salah satu tahapan dalam pembuatan gula cair adalah proses evaporasi. Evaporasi dilakukan beberapa kali, dimana tahap evaporasi yang pertama akan menghasilkan konsentrat dan kemudian pada proses evaporasi yang selanjutnya akan dihasilkan gula cair. Pembuatan konsentrat nira sebagai bahan baku gula cair bertujuan untuk menaikkan °Brix sebelum dievaporasi lebih lanjut untuk menghasilkan gula, serta menghambat terjadinya fermentasi pada nira sorgum. Namun salah satu kendala pada proses pembuatan konsentrat adalah terjadinya reaksi pencoklatan secara enzimatis sehingga menyebabkan warna konsentrat menjadi gelap dan kurang menarik. Proses evaporasi dapat mengakibatkan terjadinya reaksi pencoklatan baik enzimatis maupun non enzimatis karena terjadi pemanasan. Terjadinya reaksi pencoklatan akan mempengaruhi dari

warna dan flavor yang terbentuk. Menurut Arsa (2016), reaksi pencoklatan secara enzimatis disebabkan karena aktivitas enzim dan rusaknya pigmen pada bahan pangan segar yang mengandung substrat fenolik (disamping katekin dan turunannya, tirosin, asam kafeat, asam klorogenat serta leukoantosianin). Sedangkan reaksi pencoklatan secara non enzimatis terjadi pada saat proses pengolahan berlangsung karena penggunaan suhu tinggi. Reaksi pencoklatan non enzimatis umumnya terbagi menjadi dua macam yakni karamelisasi dan reaksi *maillard*.

Penambahan natrium metabisulfit diduga dapat menghambat terjadinya reaksi pencoklatan. Pada reaksi pencoklatan non enzimatis, sulfit akan berinteraksi dengan gugus karbonil pada bahan sehingga hasil dari reaksi tersebut akan mengikat melanoidin. Sedangkan pada reaksi pencoklatan enzimatis, sulfit akan mereduksi disulfida pada enzim sehingga tidak dapat mengkatalis oksidasi senyawa fenolik penyebab *browning*. Menurut penelitian Maharani dkk. (2006), penambahan natrium metabisulfit dapat memberikan pengaruh terhadap kecerahan warna gula merah tebu. Semakin besar penambahan natrium metabisulfit, semakin rendah intensitas warna merah dalam gula merah tebu. Selain itu, dalam penelitian yang dilakukan oleh Nastiti (2014) penambahan natrium metabisulfit dan variasi suhu pengeringan memiliki pengaruh terhadap karakteristik tepung ampas tahu. Semakin tinggi jumlah konsentrasi natrium metabisulfit yang ditambahkan, nilai derajat putih tepung juga semakin tinggi. Menurut penelitian Diniyah dkk. (2012), tentang teknologi pengolahan gula coklat cair nira siwalan didapatkan perlakuan terbaik pada derajat brix gula 75⁰brix dengan pemasakan vakum suhu 65⁰C. Namun dalam proses pembuatan konsentrat nira sorgum ini masih belum diketahui suhu yang optimum untuk evaporasi, sehingga perlu diketahui suhu yang tepat dalam pengolahan konsentrat nira sorgum manis.

Selama ini evaporasi dengan menggunakan *Falling Film Evaporator* (FFE) diaplikasikan dalam pemekatan susu pada produksi susu kental manis dan belum diaplikasikan pada pemekatan nira sorgum. Pemekatan nira sorgum dengan menggunakan FFE diduga juga akan mampu menghambat reaksi pencoklatan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa suhu evaporasi yang harus digunakan untuk mendapatkan konsentrat nira sorgum manis dengan hasil optimum?
2. Berapa jumlah penambahan natrium metabisulfit yang harus digunakan untuk mendapatkan konsentrat nira sorgum manis dengan hasil optimum?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui suhu evaporasi yang harus digunakan untuk mendapatkan konsentrat nira sorgum manis dengan hasil optimum
2. Mengetahui jumlah penambahan natrium metabisulfit yang harus digunakan untuk mendapatkan konsentrat nira sorgum manis dengan hasil optimum

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang konsentrasi penggunaan natrium metabisulfit dan suhu evaporasi yang tepat sehingga didapatkan karakteristik konsentrat nira sorgum yang terbaik. Selain itu, diharapkan konsentrat nira sorgum terbaik yang didapatkan dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan baku gula cair sebagai sumber bahan pemanis selain gula dengan bahan baku nira tebu.

1.5 Hipotesis

Penggunaan suhu evaporasi vakum dan penambahan natrium metabisulfit diduga akan membuat konsentrat yang dihasilkan memiliki warna yang lebih terang. Semakin tinggi suhu evaporasi yang digunakan, warna konsentrat yang dihasilkan akan semakin gelap. Diduga penambahan natrium metabisulfit pada konsentrasi tertentu akan membuat warna konsentrat yang dihasilkan menjadi lebih terang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sorgum Manis (*Sorghum bicolor* L. Moench)

Sorgummanis merupakan tanaman asli dari wilayah tropis dan subtropis di bagian Pasifik tenggara dan Australia, yakni wilayah yang terdiri dari Australia, Selandia Baru dan Papua. Sorgum merupakan tanaman dari keluarga *Poaceae* dan marga *Sorghum*. Sorgum memiliki 32 spesies, dan diantara spesies-spesies tersebut yang paling banyak dibudidayakan adalah spesies *Sorghum bicolor* (*japonicum*). Tanaman ini masih satu keluarga dengan tanaman serelia lainnya seperti padi, jagung dan gandum serta tanaman lain seperti bambu dan tebu. Dalam taksonomi, tanaman-tanaman tersebut tergolong dalam satu famili besar *Poaceae* yang juga sering disebut sebagai *Gramineae* atau rumput-rumputan (Daru, 2003).

Di dunia, sorgum menduduki urutan kelima setelah beras, gandum, jagung dan barley, sedangkan di USA sorgum menduduki urutan ketiga setelah gandum dan barley. Dengan demikian pada dasarnya sorgum telah menjadi komoditas penting untuk dikembangkan sebagai pangan, terutama pada lahan-lahan kering ketika sudah tidak dapat ditanami padi atau jagung (Supriyanto, 2010).

Di Indonesia, beberapa varietas sorgum yang dikenal adalah Malang 26, Birdproof, Katengu, Pretoria, Darsa dan Cemaka. Varietas-varietas yang dikembangkan oleh Balai Penelitian Tanaman Pangan Bogor diantaranya adalah varietas UPCA-S1, UPCA-S2, No. 46, No. 6C dan No. 7C. Balai penelitian tanaman serealia Indonesia pada tahun 2001 juga telah melepas dua varietas sorgum manis baru dengan kualitas unggul yaitu Kawali dan Numbu yang berasal dari India yang berumur 90 hari. Kedua varietas ini ditanam di beberapa daerah diantaranya di Demak dan Gunung Kidul (Jawa Tengah) serta daerah Bantul, Yogyakarta (Yanuwar, 2002).

Menurut USDA (2008), klasifikasi taksonomi tanaman sorgum manis adalah sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*
Subkingdom : *Tracheobionta*
Super Divisi : *Spermatophyta*
Divisi : *Magnoliophyta*
Class : *Liliopsida*

Sub class : Commelinidaer
Ordo : Poales
Family : Poaceae
Genus : Sorghum
Species : Sorghum bicolor(L.) Moench



Gambar 2.1 Tanaman sorgum manis (Jia *et al.*, 2013)

Sorgum manis banyak ditanam di daerah beriklim panas dan daerah beriklim sedang. Sorgum dapat dibudidayakan pada ketinggian 0-700 meter di atas permukaan laut (mdpl) dengan suhu lingkungan sekitar 23-34°C dan kelembaban relatif sebesar 20-40%. Tanaman ini tidak terlalu peka dengan keasaman (pH) tanah, tetapi pH yang baik untuk pertumbuhannya adalah 5,5-7,5 (Departemen Pertanian, 2004).

2.1.1 Morfologi Tanaman Sorgum

Sistem morfologi pada tanaman sorgum manis dapat dibedakan berdasarkan setiap bagian tanaman yang meliputi akar, batang, tunas, daun, bunga dan biji. Tanaman sorgum manis termasuk ke dalam tanaman berkeping satu dan tidak membentuk akar tunggang. Akar tanaman sorgum manis berupa akar serabut dan memiliki tiga jenis akar yaitu akar primer, akar sekunder dan akar tunjang (Andriani, 2016).

Bagian-bagian tanaman sorgum manis yang bisa dimanfaatkan diantaranya:

a. Biji

Bagian yang paling banyak dimanfaatkan pada tanaman sorgum manis adalah bagian biji. Tanaman sorgum manis dapat diklasifikasikan ke dalam tanaman sereal karena biji yang dimiliki oleh tanaman sorgum manis dapat

digunakan sebagai bahan pendamping beras yang mempunyai keunggulan komparatif terhadap tanaman serealia lainnya seperti jagung, beras maupun gandum (Suarni, 2012). Berdasarkan Badan Litbang Pertanian tahun 2011 biji sorgum memiliki endosperm sebesar 82% yang mengandung pati yang cukup tinggi dan lembaga. Lembaga pada biji sorgum memiliki kandungan gizi berupa lemak, protein, abu, dan serat.

Kandungan protein pada biji sorgum juga sangat tinggi, dibandingkan sumber pangan lain seperti beras, singkong dan jagung. Selain itu, biji sorgum juga memiliki kandungan mineral seperti Ca, Fe dan P serta kandungan vitamin B1 yang lebih tinggi dibandingkan beras (Fanindi dkk., 2005).

b. Bunga

Bunga sorgum manis dapat didefinisikan sebagai bunga sempurna karena memiliki dua alat kelamin dalam satu bunga. Bunga tersebut tumbuh di bagian ujung tanaman dan termasuk ke dalam bunga dengan tipe *panicle* (susunan bunga terletak di tangkai), *peduncle* (tangkai bunga), *raceme* (rangkaian bunga), dan *spikelet* (bunga). Ukuran bunga pada tanaman sorgum manis bervariasi berdasarkan varietasnya, tetapi secara umum ukuran bunganya berkisar antara 4-50 cm dengan lebar 2-20 cm (Andriani, 2016).

c. Daun

Daun yang tumbuh pada tanaman sorgum manis berukuran lebih kecil dibandingkan dengan daun yang tumbuh pada tanaman jagung. Bentuk daunnya memanjang, kecil dan runcing pada bagian ujungnya (Plessis, 2008). Daun tersebut memiliki lapisan lilin yang terletak pada lapisan epidermisnya. Lapisan lilin tersebut menyebabkan tanaman sorgum manis memiliki tingkat adaptasi yang tinggi pada daerah yang memiliki kelembapan yang cukup rendah dan daerah yang kering (Kusuma dkk., 2008).

d. Batang

Batang tanaman sorgum manis beruas-ruas dan berbuku-buku, tidak bercabang dan pada bagian tengah batang terdapat seludang pembuluh yang diselubungi oleh lapisan keras (sel-sel parenkim). Batang sorgum yang mengandung nira dengan kadar gula cukup tinggi disebut sorgum manis. Tinggi batang sorgum manis beragam mulai kurang dari 150 cm hingga lebih dari 2,5 meter. Sorgum manis tipe varietas ideal yang berpotensi nira cukup tinggi adalah yang relatif tinggi dan mempunyai diameter yang besar sekitar 0.5 – 5.0 cm. Jenis batang bervariasi dari padat, kering hingga sukulen dan manis. Rasa

manis pada batang gabusnya disebabkan karena jenis sorgum manis memiliki kandungan gula yang tinggi sehingga dapat berpotensi untuk dijadikan bahan baku pembuatan gula selain dari tanaman tebu (Andriani, 2016). Kandungan gula pada tanaman sorgum manis menurut Pabendon (2012), berkisar antara 8-20%. Kandungan gula merupakan karbohidrat yang terfermentasi 15-23%, dimana kandungan gula tersebut terdiri dari sukrosa, glukosa dan fruktosa (Shoemaker dan Bransby, 2010). Beberapa tanaman sorgum pada bagian batangnya mampu menghasilkan percabangan atau tunas baru. Percabangan dapat terjadi pada suhu kurang dari 18°C dan pada fase pertumbuhan ke-4 sampai ke-6. Selain itu percabangan juga dapat terjadi apabila pada batang utama telah mengalami kerusakan, kemudian menghasilkan sekitar 2-3 kali percabangan lebih banyak dari sorgum semusim (Plessis, 2008).

2.1.2 Pemanfaatan Sorgum

Menurut Tati (2003), tanaman sorgum manis memiliki beberapa kegunaan yakni:

- a. Sorgum manis sebagai bahan pangan. Biji sorgum manis dapat dimanfaatkan sebagai butir beras sorgum dan tepung beras sorgum. Beras sorgum bisa langsung ditanak sebagai nasi sorgum, atau digiling dijadikan tepung sorgum sebagai bahan dasar kue.
- b. Batang sorgum manis dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk membuat bioetanol, dengan melalui proses fermentasi hingga proses distilasi
- c. Tanaman sorgum manis juga dapat dijadikan ransum makanan bagi ternak sebagai pengganti jagung kuning, terutama untuk ayam. Hal ini dikarenakan biji sorgum memiliki harga yang lebih murah daripada jagung kuning, sehingga dapat menekan biaya produksi

2.1.3 Potensi Tanaman Sorgum Manis

Sorgum manis merupakan tanaman yang memiliki banyak kegunaan. Hampir seluruh bagian dari tanaman sorgum manis seperti biji, tangkai biji, daun, batang dan akar dapat dimanfaatkan. Produk-produk turunan seperti gula, bioetanol, biomassa dan lain-lain merupakan beberapa produk yang dapat dihasilkan dari tanaman sorgum manis. Beberapa produk tersebut, pemanfaatan utama dari tanaman sorgum adalah biji dan batangnya. Biji sorgum memiliki kandungan

tepung dan pati yang sangat potensial. Adapun batang sorgum terutama jenis sorgum manis memiliki kandungan nira hampir sebagaimana halnya tanaman tebu. Nira sorgum manis dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan gula dan bioetanol (Shoemaker dan Bransby, 2010).

Kandungan nutrisi pada biji sorgum manis yang cukup tinggi juga masih belum dimanfaatkan secara optimal. Hal ini dikarenakan tanaman sorgum manis masih belum terlalu dikembangkan. Selain itu, para petani juga masih ragu-ragu untuk menanam sorgum manis karena nilai jualnya yang masih belum setinggi produk sereal lainya seperti beras, jagung, gandum dan kacang-kacangan. Pemanfaatan sorgum manis oleh petani sendiri masih terkendala dengan kelengkapan fasilitas yang diperlukan seperti mesin pemecah biji dan peralatan pengolahan pasca panen lainnya (Fanindidkk., 2005).

Saat ini bagian dari tanaman sorgum manis yang banyak dimanfaatkan adalah bijinya. Sedangkan bagian tanaman lainnya seperti daun, tangkai biji, dan batang hanya dimanfaatkan seadanya saja seperti untuk pakan ternak dan kompos. Keunggulan tanaman sorgum terletak pada tingkat produktivitas dan ketahanan tanaman sorgum (Fanindi dkk., 2005).

2.2 Nira

Nira merupakan cairan yang keluar dari batang tanaman penghasil nira seperti aren, tebu, sorgum dan tanaman penghasil nira lainnya. Komposisi nira dari suatu jenis tanaman dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya varietas tanaman, umur tanaman, keadaan tanah, iklim, pemupukan, dan pengairan. Dengan demikian, setiap jenis tanaman akan memiliki komposisi nira yang berbeda yang umumnya terdiri dari air, sukrosa, gula reduksi, bahan organik dan bahan anorganik. Air dalam nira adalah bagian yang terbesar yakni sekitar 75-90%. Sedangkan sukrosa merupakan bagian zat padat yang terbesar berkisar antara 12,30-17,0%, gula reduksi antara 0,5-1,00% yang terdiri dari heksosa glukosa, fruktosa, serta *mannose* dalam jumlah yang sangat sedikit, dan sisanya merupakan senyawa organik serta anorganik (Muchtadi dan Sugiyono, 2010).

2.2.1 Nira Sorgum

Nira sorgum mengandung kadar glukosa yang cukup besar karena kualitas nira sorgum manis setara dengan nira tebu dan masih belum

dimanfaatkan. Menurut Makori (2013), komposisi kimiawi utama dalam nira sorgum adalah gula yang meliputi sukrosa, glukosa dan fruktosa. Selain itu, jenis gula lain yang terdapat pada nira sorgum diantaranya yakni xilosa, ribosa, arabinosa, sorbosa, galaktosa, manosa, dan poliglukosa. Konsentrasi dari masing-masing jenis gula tersebut dipengaruhi oleh, varietas, suhu lingkungan, dan umur panen dari tanaman sorgum manis. Batang sorgum manis mengandung kadar air sebesar 73% dan 27% padatan yang dibagi menjadi karbohidrat struktural dan nonstruktural. Sebanyak 13% karbohidrat nonstruktural terdiri dari sukrosa, glukosa dan fruktosa dalam jumlah yang bervariasi sesuai dengan varietas, waktu panen dan faktor agronomi lainnya. Zhang *et al.* (2010), menyarankan klasifikasi sorgum manis berdasarkan jumlah proporsi gula terlarut dalam nira. Kelompok pertama didasarkan pada kandungan sukrosa yang tinggi dan kelompok kedua didasarkan pada jumlah kandungan monosakarida. Dibandingkan dengan nira tebu, yang memiliki kandungan sukrosa sebesar 90%, glukosa 4% serta fruktosa 6%, nira sorgum memiliki kandungan sukrosa lebih rendah yakni sebesar 6,94%-16,1%, fruktosa dan glukosa yang bervariasi sebesar 0,18%-4,2% serta total sebesar 9,19%-23,33%. Kandungan gula pada nira sorgum juga lebih sensitif terhadap keberadaan mikroorganisme terutama setelah dipanen dan dilakukan penggilingan. Selain itu menurut Batoul (2006), nira sorgum juga memiliki kandungan fosfor sebesar 2,21%-3,57%, potasium 0,4%-0,6%, natrium 0,08%-0,11%, magnesium 0,05%-0,06%, kalsium 0,11%-0,15%, nitrogen 0,53%-2,18% dan kadar air sebesar 83,65%-93,10%.

Gula cair dapat dibuat dari nira batang sorgum manis, karena batang sorgum apabila diperas akan menghasilkan nira yang manis. Karena kadar air dalam batang sorgum lebih dari 70% yang dapat diartikan kandungan niranya kurang lebih juga sebesar itu. Pemanfaatan batang sorgum ini dilakukan karena selama ini batang sorgum hanya digunakan sebagai pakan ternak dan belum memiliki nilai ekonomis.

2.2.2 Kualitas Nira Sorgum

Nira yang didapatkan dari batang sorgum masih mengandung zat pengotor yang bukan merupakan gula. Zat-zat ini akan mempengaruhi kualitas nira yang dihasilkan. Terdapat dua faktor yang mempengaruhi kualitas nira, yakni faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal meliputi metode

pemeliharaan pada tanaman sorgum (pemberian pupuk, penyiraman, dll), proses penyiapan dan penyimpanan, iklim, umur tanaman sorgum, dan kualitas batang sorgum (Erwinda dan Wahono, 2014).

Menurut Anggraini (2016), kualitas internal dari nira dapat dilihat dari:

a. Volume endapan

Volume endapan dipengaruhi oleh komponen zat yang bukan merupakan gula seperti kotoran dan padatan kering yang terikut dalam nira. Volume pengendapan juga dipengaruhi oleh kecepatan dan lama waktu pada saat dilakukan proses pengendapan. Semakin banyak endapan, maka hal tersebut berarti terdapat semakin banyak komponen bukan gula yang dapat dipisahkan.

b. °Brix

Brix dalam nira dihitung sebagai kandungan gula (sukrosa, glukosa, fruktosa, dll) karena merupakan zat yang terlarut didalamnya dihitung per 100 gram larutan. Penentuan brix dapat dilakukan dengan cara mengukur berat jenis atau menggunakan indeks bias suatu larutan. Alat yang digunakan untuk mengukur brix diantaranya adalah refraktometer, piknometer dan *hydrometer*. Refraktometer merupakan alat penentuan brix dimana mengukur nilai brix berdasarkan indeks bias sedangkan piknometer dan *hydrometer* mengukur nilai brix berdasarkan berat jenis.

c. Pengukuran pol dan sukrosa

Polarisasi atau pol dapat didefinisikan sebagai jumlah gula yang terlarut dalam 100 gram larutan air. Alat yang dapat digunakan untuk mengukur pol suatu larutan gula adalah polarimeter atau sakarimeter dengan satuan yang dimiliki adalah °S (skala gula/sugar scale).

d. Pengukuran turbiditas

Tingkat kemurnian atau kejernihan pada suatu nira dipengaruhi oleh kadar komponen bukan gula baik yang larut atau tidak larut dan adanya pengotor pada saat proses penggilingan. Pada umumnya nira jernih dikatakan baik apabila mengandung kadar turbiditas <100 ppm SiO_2 .

e. Analisa warna

Warna nira yang diperoleh tergantung dari bahan yang digunakan untuk mengekstrak nira itu sendiri. Warna nira juga dapat dipengaruhi oleh pH dari larutan dan warna yang ditambahkan dari bahan penjernih. Semakin basa suatu larutan, maka warna pada nira semakin muncul dan semakin asam suatu larutan maka warna nira akan semakin pudar. Selain itu ditentukan oleh bahan

penjernih yang digunakan, dimana semakin berwarna bahan penjernih maka akan berdampak pada peningkatan warna yang dihasilkan oleh nira.

f. Harkat Kemurnian (HK)

Harkat kemurnian merupakan perbandingan dari pol dengan °Brix yang menentukan tingkat kemurnian nira dalam suatu volume. Semakin tinggi nilai HK maka semakin baik kualitas nira tersebut. Proses pemurnian bertujuan untuk mengurangi seoptimal mungkin senyawa bukan gula yang terlarut dalam suatu larutan tanpa merusak kualitas dari nira tersebut. Harga kemurnian dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\% \text{ HK} = \frac{\% \text{ pol}}{\% \text{ brix}} \times 100\%$$

2.3 Konsentrat

Konsentrat adalah hasil pengentalan nira/sari buah hingga mencapai konsistensi produk yang lebih kental dari yang sebelumnya. Konsentrat merupakan produk pekatan dengan konsentrasi padatan terlarut yang mencapai 25-68°Brix. Berdasarkan kandungan padatannya, konsentrat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu: semi konsentrat dengan padatan antara 24-25%; konsentrat dengan padatan antara 25-68% dan super konsentrat dengan padatan diatas 70%. Keuntungan dari pembuatan konsentrat adalah menurunkan kandungan air bahan sehingga produk yang dihasilkan memiliki kestabilan mikrobiologis maupun kimiawi yang lebih baik. Dengan demikian, masa simpannya menjadi lebih panjang. Di samping itu, proses ini dapat mengurangi volume bahan segar sehingga dapat mengurangi volume bahan segar serta dapat mempermudah dalam penyimpanan dan transportasi (Herawati dkk., 2001).

Komoditi yang akan diolah menjadi konsentrat harus segar dan tidak berjamur. Komoditi yang sudah mengalami fermentasi atau berjamur akan merusak cita rasa dari produk. Selama pembuatan konsentrat, kadar air konsentrat akan mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan adanya penguapan air akibat proses evaporasi, uap air pada konsentrat akan diuapkan (Brookler *et al.*, 1992). Kondisi yang perlu dijaga untuk mendapatkan konsentrat bermutu tinggi antara lain adalah suhu proses yang rendah dan waktu kontak singkat khususnya pada suhu tinggi. Pada dasarnya dalam pembuatan konsentrat diusahakan tidak menghilangkan karakteristik dari bahan. Pada proses penguapan, terutama untuk produk sari buah diusahakan komponen volatil tidak ikut terbawa atau hilang. Beberapa metode yang dapat digunakan diantaranya

adalah evaporasi vakum, *freeze concentration*, *continuous freeze concentration* (Herawati dkk., 2001).

Konsentrat nira sorgum merupakan sari/nira yang didapat dari batang sorgum yang telah diekstraksi kemudian dipekatkan dengan melalui proses evaporasi vakum. Menurut penelitian yang dilakukan pMazumdar *et al.* (2012), konsentrat nira sorgum mengandung total gula sekitar 278,6 g/L dengan nilai TSS pada kisaran 40°Brix (Mazumdar *et al.*, 2012). Menurut penelitian Rane (2004), pompa panas berbasis FCS (*Freeze Concentrate System*) digunakan untuk membuat konsentrat nira tebu dengan brix awal 20°Brix menjadi 40°Brix dalam proses pembuatan gula merah. Konsentrat nira dengan menggunakan metode FCS dilakukan hingga 40°Brix karena viskositas nira mengalami peningkatan yang signifikan ketika mencapai lebih dari 40°Brix, yang menyebabkan efek buruk pada perpindahan panas dan keberadaan sukrosa. Konsentrat nira diolah menjadi gula merah dengan metode pemanasan dengan panci terbuka hingga mendidih.

Pada produk konsentrat, total padatan terlarut merupakan salah satu parameter penting untuk diketahui, banyak definisi tentang konsentrat yang menggunakan total padatan terlarut sebagai pembatas. Jika menggunakan definisi Codex Alimentarius (2005), produk dapat dikategorikan sebagai konsentrat jika nilai total padatan terlarut sudah berada diatas 20°Brix.

Dalam penelitian ini, konsentrat nira sorgum dipekatkan hingga mencapai 40-45°Brix sebelum selanjutnya dilakukan proses evaporasi lebih lanjut dengan menggunakan *rotary evaporator* sehingga menjadi gula cair. Menurut Pigari (2007), penelitian telah menunjukkan bahwa konsentrat nira sorgum manis adalah produk makanan yang dapat digunakan untuk industri permen (kembang gula), roti, susu dan makanan kaleng, untuk membuat alkohol, asam sitrat, minuman beralkohol dan non alkohol.

2.4 Gula Cair

Gula cair dibuat dengan menguapkan nira sampai berbentuk cairan kental sehingga kadar gula dapat berfungsi sebagai pemanis dan pengawet. Berdasarkan SNI 01-3544-1994, gula cair adalah produk dengan kadar gula tinggi antara 55%-65% dengan atau tanpa penambahan bahan tambahan makanan yang diizinkan.

Gula cair sorgum dibuat dengan bahan dasar konsentrat nira tanaman sorgum. Setelah batang sorgum diekstraksi, didapatkan nira sorgum dan kemudian dilakukan filtrasi untuk menghilangkan residu (pengotor) kemudian didiamkan beberapa jam untuk menimalisir potensi perubahan struktur pati yang dapat menyebabkan sirup berubah menjadi gel. Gula cair dihasilkan setelah dipekatkan dan berubah warna menjadi coklat (*amber*) jernih, memiliki TSS sebesar 70-80°Brix (Wittenberg, 2013). Menurut USDA (2016), kandungan nutrisi dalam 100 gram sirup gula cair sorgum adalah sebagai berikut:

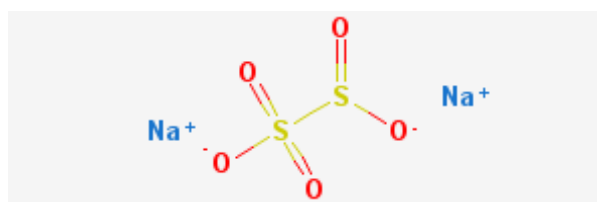
Tabel 2.2 Kandungan Nutrisi Sirup Gula Cair Sorgum (per 100 gram)

Kandungan nutrisi (proksimat)	Satuan	Jumlah
Air	g	22,70
Energi	kcal	290
Protein	g	0
Lemak	g	0
Serat	g	0
Karbohidrat (termasuk total gula)	g	74,90
Mineral		
Kalsium (Ca)	mg	150
Zat besi (Fe)	mg	3,80
Magnesium (Mg)	mg	100
Fosfor (P)	mg	56
Kalium (K)	mg	1000
Natrium (Na)	mg	8
Seng (Zn)		0,41
Vitamin		
Thiamin	mg	0,1
Riboflavin	mg	0,155
Niasin	mg	0,1
Vitamin B-6	mg	0,670

Sumber: USDA (2016).

2.5 Natrium Metabisulfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)

Natrium metabisulfit adalah salah satu sulfit yang berbentuk kristal atau bubuk berwarna putih yang mudah larut dalam air. Biasanya pada industri gula merah kelapa, natrium metabisulfit ini digunakan sebagai pengawet nira yang baru disadap sebelum kemudian diolah agar tidak mudah terfermentasi (Suprapi, 2003).



Gambar 2.2 Struktur Natrium Metabisulfit (Russell dan Gould, 2003)

Selain itu, menurut Praja (2015), penambahan natrium metabisulfit dapat membunuh mikroba dan menonaktifkan enzim. Pengaruh SO_2 terhadap pertumbuhan mikroba terjadi karena reaksi antara SO_2 dengan karbohidrat dari bahan, sehingga tidak dapat digunakan sebagai sumber energi oleh mikroba. Pertumbuhan mikroorganisme terhambat oleh sulfit karena molekul sulfit akan menembus dinding sel mikroba dengan mudah, bereaksi dengan asetaldehid membentuk senyawa yang tidak dapat difermentasi oleh enzim mikroorganisme, mereduksi ikatan disulfida enzim dan bereaksi dengan keton membentuk hidroksi sulfonat yang dapat menghambat mekanisme pernafasan *Saccharomyces cereviceae* dan *E.coli*.

Tidak hanya itu, penggunaan natrium metabisulfit sebagai bahan tambahan pangan digunakan untuk mencegah kerusakan karena reaksi pencoklatan (*browning*) yang enzimatis maupun non enzimatis serta berperan sebagai antioksidan. Natrium metabisulfit dapat bereaksi dengan gugus karbonil, dimana hasil reaksi tersebut dapat mengikat melonoidin sehingga mencegah timbulnya warna coklat (Praja, 2015).

Penggunaan bahan tambahan pangan dalam produk pangan diijinkan namun harus tetap diperhatikan penggunaannya agar tidak membahayakan kesehatan. Menurut Badan POM No. 36 Tahun 2013 tentang Batas Maksimum Penggunaan Bahan Tambahan Pangan Pengawet, penggunaan natrium metabisulfit memiliki batas antara 0-0,7 mg/kg berat badan.

2.6 Zeolit

Komponen bukan gula termasuk zat pengotor biasanya masih terdapat dalam nira yang didapatkan setelah proses penggilingan. Zat pengotor tersebut dapat berupa tanah, ampas halus ataupun koloid berupa organik inorganik non sukrosa (Anggraini, 2016). Oleh karena itu, untuk mengurangi zat pengotor tersebut perlu dilakukan proses penjernihan dengan menggunakan adsorben.

Penambahan adsorben bertujuan untuk menghasilkan warna nira yang lebih jernih dan mempertahankan aroma nira. Adsorpsi atau penyerapan adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida, cairan maupun gas, terikat pada suatu padatan atau cairan (zat penyerap/adsorben) dan akhirnya membentuk lapisan tipis atau film (zat terserap/adsorbat) pada permukaannya (Arifiandina dkk., 2014).

Salah satu adsorben yang dapat digunakan adalah zeolit. Zeolit merupakan adsorben yang mampu mengikat zat-zat pengotor dengan kemampuan yang cukup tinggi. Proses aktivasi zeolit dapat dilakukan dengan menggunakan KMnO_4 0.01% selama 30 menit dan dibilas dengan menggunakan aquademin sehingga bebas dari ion MnO_4^- . Kemudian zeolit dipanaskan pada suhu 100°C - 200°C hingga zeolit kehilangan air. Terjadinya kehilangan air oleh zeolit tersebut akan meningkatkan efektivitas zeolit sebagai adsorben karena bentuknya yang berpori (Mulyani, 2016).

Pada penelitian ini, konsentrasi zeolit yang digunakan untuk penjernihan adalah 3%. Hal ini didasarkan pada penelitian Arifiandina dkk. (2014), tentang penambahan adsorben terhadap kualitas gula sirup palma berbahan baku nira aren yang didapatkan perlakuan terbaik dengan menggunakan zeolit dengan konsentrasi 3%.

2.7 Evaporasi

Proses evaporasi adalah proses pemindahan air secara fisik sehingga produk mengandung padatan terlarut tidak kurang dari 20% tanpa adanya penambahan gula (Aulia, 2008). Pada proses ini sebagian air atau pelarut akan diuapkan sehingga akan diperoleh produk yang lebih pekat (konsentrat). Penguapan terjadi karena air akan melewati titik uapnya dan berlangsung perubahan fase dari cair menjadi uap. Aplikasi utama proses evaporasi dalam industri pangan adalah:

1. Pra-konsentrasi sebelum bahan diolah lebih lanjut misalnya sebelum *spray drying* dan kristalisasi
2. Mengurangi volume cairan agar biaya penyimpanan, transportasi dan pengemasan berkurang
3. Meningkatkan konsentrasi padatan terlarut dalam bahan pangan

Proses evaporasi yang dilakukan pada industri sari buah digunakan untuk memproduksi konsentrat, pembuatan *jamjelly*, dan pengawetan. Salah satu faktor evaporasi yang paling berpengaruh adalah suhu. Suhu akan mempengaruhi waktu evaporasi dan akan menentukan tingkat kerusakan akibat panas. Suhu evaporasi pada proses pembuatan konsentrat sebaiknya dibuat rendah namun pada kondisi yang vakum untuk meminimalisasi terjadi perubahan atau kerusakan yang tidak diinginkan.

Berdasarkan Estiasih dan Ahmadi (2009), evaporasi vakum merupakan proses pemanasan dimana air diuapkan dari bahan pangan yang bersifat cair pada kondisi vakum atau tekanan dibawah 1 atm. Contoh produk pangan yang menggunakan proses evaporasi dalam pengolahannya yaitu susu kental manis, konsentrat buah, gula, dan lain-lain. Adapun tujuan evaporasi adalah sebagai berikut:

- a. Mengentalkan produk untuk mempermudah pengeringan, penyimpanan, dan transportasi
- b. Meningkatkan total padatan dan mengurangi aktivitas air
- c. Meningkatkan perubahan warna dan flavor seperti pada proses pembuatan permen

Selama proses evaporasi terjadi perubahan pada hasil bahan makanan. Menurut Manire dan Piggot (2001), beberapa perbuahan yang terjadi selama proses evaporasi diantaranya adalah:

- a. Peningkatan viskositas

Selama proses evaporasi terjadi penguapan pelarut sehingga konsentrasi larutan meningkat sehingga menyebabkan terjadinya peningkatan viskositas. Peningkatan konsentrasi larutan juga menyebabkan kenaikan titik didih.

- b. Perubahan aroma dan warna

Komponen aroma pada beberapa cairan seperti pada jus buah lebih mudah menguap daripada air. Jika bahan tersebut dievaporasi akan menyebabkan penurunan kualitas pad konsentrat yang dihasilkan. Hal ini dapat dicegah dengan cara memisahkan komponen yang mudah menguap secara fraksional.

- c. Pencoklatan

Pada proses evaporasi, beberapa bahan yang sensitif terhadap panas, misalnya vitamin A, vitamin C, protein, gula dan pigmen akan rusak yang ditandai dengan perubahan warna menjadi coklat. Reaksi pencoklatan ini bisa terjadi baik secara enzimatis maupun non enzimatis. Pada beberapa pengolahan terjadinya pencoklatan selama proses evaporasi memang diinginkan seperti pada pengolahan gula kelapa dan kecap. Namun demikian, pencoklatan yang berlebihan dapat menurunkan kualitas produk yang dihasilkan. Pada beberapa pengolahan seperti susu dan gula pasir, reaksi pencoklatan tidak diinginkan.

Pembentukan buih

Pembentukan buih yang terjadi pada proses evaporasi dapat mengakibatkan terjadinya transfer panas yang terhambat.

d. Kerusakan bahan

Pada proses evaporasi, bahan-bahan yang peka terhadap panas akan mengalami kerusakan. Beberapa komponen zat gizi yang sensitive terhadap panas akan mengalami kerusakan pada proses evaporasi yang dilakukan pada suhu tinggi. Beberapa komponen zat gizi tersebut adalah vitamin C, vitamin A, protein dan sebagainya

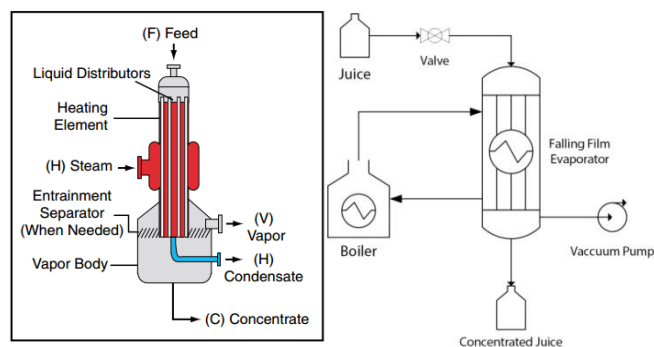
2.7.1 Evaporator

Evaporator merupakan salah satu alat penukar panas yang menghasilkan perpindahan panas dari suatu fluida ke fluida lainnya, dimana antara fluida yang satu ke fluida yang lainnya terpisah oleh suatu dinding atau sekat yang dilalui oleh panas. Evaporator sendiri sering disebut dengan alat penguap. Beberapa macam evaporator diantaranya *Caladria Evaporator* dan *Kester Evaporator*. Dari macam-macam evaporator tersebut sebenarnya memiliki fungsi dan cara kerja yang sama, bahkan juga memiliki bagian-bagian yang sama diantaranya adalah dinding atau pipa (*wall*), lantai (*floor*), dan tabir (*screen*) yang semuanya memiliki fungsi sendiri-sendiri. Yang membedakan antara satu evaporator satu dengan yang lainnya adalah terletak pada susunan pipanya (Sularso, 2009).

Menurut Iskandar (2001), ada berbagai macam jenis evaporator pada industri pangan. Jenis evaporator tersebut dapat diklasifikasikan berdasarkan teknik operasionalnya yaitu vakum dan tekanan atmosfer, jenis konveksi yaitu alami dan buatan, serta berdasarkan kontinuitas operasi yaitu *batch* dan kontinu.

2.7.2 Falling Film Evaporator (FFE)

Falling Film Evaporator (FFE) adalah salah satu jenis alat yang digunakan untuk evaporasi yang diklasifikasikan dalam kategori *Long Tube Vertical Evaporator* (LTVE) bersama dengan *climbing film evaporator*. Sedangkan berdasarkan tipe pemanasan dapat diklasifikasikan ke dalam sistem pemanasan dipisahkan oleh dinding pertukaran panas, yaitu jenis kolom *calandaria shell* dan *tube* dimana pada kolom tersebut juga terjadi proses penguapan. *Falling Film Evaporator* memiliki efektivitas yang baik untuk pengentalan larutan-larutan yang jernih, pengentalan larutan berbusa, pengentalan larutan yang korosif, dan beban pengentalan yang tinggi (Glover, 2004).



Gambar 2.3 Skema dan Bagian-Bagian *Falling Film Evaporator* (Glover, 2004).

Di dalam *calandaria* terdapat tiga tabung, umpan masuk didistribusi ke masing-masing *tube* kemudian membentuk lapisan tipis pada selimut bagian dalam *tube*. Sementara pemanas berada diluar *tube*, umpan turun karena gravitasi menyerap panas sehingga terjadi penguapan pelarut dan keluar dari *calandaria* yang terdiri dari dua fase yakni fase uap pelarut dan larutan pekat yang kemudian dipisahkan di separator (APV, 2008).

Menurut Glover (2004), pemekatan bahan-bahan yang sensitif dengan suhu tinggi mengharuskan waktu kontak yang sangat singkat dengan permukaan panas. Hal ini dapat dicapai dengan menggunakan *Falling Film Evaporator*, dimana zat cair masuk dari atas, lalu mengalir ke bawah di dalam tabung panas dalam bentuk *film*, dan kemudian keluar dari bawah. Tabung-tabung tersebut biasanya berukuran agak besar dengan diameter antara 2 sampai 10 *inch*. Uap yang keluar dari zat cair tersebut biasanya terbawa turun bersama dengan zat cair dan keluar dari bawah unit.

Evaporator ini berbentuk tabung dengan penukar kalor yang berbentuk panjang dan vertikal, dilengkapi dengan separator uap zat cair di bawah, dan distributor (penyebar) zat cair di atas. FFE mendistribusikan zat cair tersebut secara seragam hingga menjadi film di bagian dalam tabung. Hal ini dilakukan dengan menggunakan seperangkat plat logam berlubang-lubang yang ditempatkan lebih tinggi di atas plat tabung yang dipasang dengan teliti agar benar-benar horizontal. Tabung-tabung tersebut diberi sisip pada ujungnya yang memungkinkan zat cair mengalir dengan teratur ke setiap tabung tersebut. Panas yang dimiliki oleh *steam* maka kalor yang ada di lingkungan akan diterima oleh komponen zat dalam umpan yang salah satu diantaranya adalah air dengan kandungan yang paling besar. Kalor yang diterima oleh air akan berdampak pada meningkatnya energi kinetik yang dimiliki molekul-molekul air. Pergerakan molekul air yang semakin cepat mengakibatkan molekul air saling menolak satu

sama lain dan akibatnya fase air akan berubah menjadi uap sehingga melepaskan diri dari ikatan air lainnya dalam campuran. Pada proses penguapan cairan yang berupa lapisan tipis maka peningkatan energi kinetikakan jauh lebih cepat lagi karena pada lapisan tipis, panas yang diterima akan lebih cepat menyebar dan akan mempercepat proses penguapan. Tipe evaporator ini cocok untuk proses pengolahan larutan yang memiliki viskositas tinggi sehingga sering digunakan untuk industri kimia, makanan, dan fermentasi (APV, 2008).

2.8 Penelitian Terdahulu tentang Evaporasi dan Natrium Metabisulfit

Dalam penelitian Maharani *et al.* (2014), tentang pengolahan gula merah tebu membahas tentang penggunaan natrium metabisulfit. Semakin besar penambahan natrium metabisulfit, maka intensitas warna hijau dan biru pada gula merah tebu yang dihasilkan semakin kecil. Penambahan natrium metabisulfit ini juga memberikan pengaruh terhadap kecerahan warna gula. Hal ini dikarenakan natrium metabisulfit dapat menghambat reaksi *maillard* maupun karamelisasi. Semakin besar penambahan natrium metabisulfit, semakin rendah intensitas warna merah dalam gula merah tebu.

Menurut Nastiti (2014), pada penelitian mengenai pengaruh konsentrasi natrium metabisulfit dan suhu pengeringan terhadap karakteristik tepung ampas tahu, semakin tinggi suhu pengeringan yang digunakan maka warna tepung ampas tahu akan semakin gelap. Warna coklat pada tepung akan teratasi dengan penambahan larutan metabisulfit yang dianjurkan untuk produk pangan. Semakin tinggi konsentrasi natrium metabisulfit, maka nilai derajat putih tepung juga akan semakin tinggi. Hal ini dikarenakan sulfit dapat berinteraksi dengan gugus karbonil. Hasil reaksi ini akan mengikat melanoida sehingga mencegah timbulnya warna coklat.

Pada penelitian Romlah (2016), penambahan natrium metabisulfit pada proses *blanching* mempengaruhi karakteristik fisikokimia tepung pisang mas yang dihasilkan. Tepung pisang memiliki tingkat kecerahan (*lightness*) yang cenderung tinggi pada saat ditambahkan natrium metabisulfit. Hal ini disebabkan karena penambahan natrium metabisulfit mampu menghambat reaksi pencoklatan baik secara enzimatis maupun non enzimatis. Sulfit dapat menghambat reaksi pencoklatan yang dikatalisis enzim fenolase dan dapat memblokir pembentukan senyawa 5 hidroksil metal furfural dari D-glukosa penyebab warna coklat.

Berdasarkan penelitian Diniyah dkk.(2012) berjudul teknologi pengolahan gula coklat cair nira siwalan (*Borassus flabellifer*, L.)gula cair yang dihasilkan berdasarkan pengaturan derajat Brix gula (60^0 , 65^0 , 70^0 , 75^0) menggunakan pemasakan vakum pada suhu 65^0C , tekanan 150 mbar dan didapatkan perlakuan terbaik pada tingkat 75^0brix . Sedangkan dalam penelitian Yenas *et al.* (2016), tentang perbedaan lama dan suhu evaporasi terhadap karakteristik gula merah cair berbahan baku nira tebu (*Saccharum officinarum*, L.) didapatkan perlakuan terbaik dengan suhu 65^0C selama 1 jam yang didasarkan pada analisis kadar air, indeks warna notasi L^* , indeks warna notasi b^* , gula pereduksi dan viskositas.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan dan Rekayasa Proses Pangan dan Hasil Pertanian, Laboratorium Kimia dan Biokimia Pangan dan Hasil Pertanian, dan Pilot Plan Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Malang. Penelitian ini akan dilaksanakan mulai bulan Oktober 2017 sampai Februari 2018.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan untuk pembuatan konsentrat nira sorgum ini antara lain mesin ekstraksi batang sorgum, kain saring, wadah penampungan, *hand-refractometer* (ATC), turbidimeter (Lutron TU-2016), pH meter (Ezido/P-600), piknometer, timbangan analitik (CHQ), *tissue*, spatula, pipet tetes, *color reader* (Konica Minolta CR-10), *Falling Film Evaporator*, *centrifuge* (WINA Instruments/5020 A), *viscometer* (Elcometer 2300), gelas beker, gelas ukur, corong, bulb, plastik bening dan pipet ukur.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini antara lain batang dari tanaman sorgum manis yang diperoleh dari BALITKABI Malang, natrium metabisulfit, aquades dan zeolit.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan 2 faktor. Faktor pertama adalah suhu evaporasi yang digunakan dan faktor kedua adalah konsentrasi penambahan natrium metabisulfit. Metode yang digunakan adalah *Response Surface Methodology* (RSM) dengan menggunakan aplikasi *Design Expert 7.1.5*.

Optimasi dilakukan dengan rancangan *Central Composite Design* (CCD). Pada bagian *numeric factors* dipilih angka 2 karena terdapat 2 faktor yang digunakan. Faktor I diisi dengan suhu evaporasi (satuan $^{\circ}\text{C}$) dengan batas bawah (-1 level) sebesar 70°C dan batas atas (+1 level) sebesar 90°C . kemudian untuk faktor II diisi dengan konsentrasi penambahan natrium metabisulfit (satuan

g/L) dengan batas bawah (-1 level) sebesar 0,1 dan batas atas (+1 level) sebesar 0,5.

Selanjutnya, masing-masing percobaan dilakukan analisis respon. Respon yang utama yang diamati dalam penelitian ini adalah *lightness* (kecerahan) dan *Total Soluble Solid* (TSS) dengan satuan brix. *Software* kemudian akan melakukan *running* dengan jumlah kombinasi rancangan sebanyak 13. Rancangan percobaan dapat dilihat pada **Tabel 3.1**. Hasil penelitian yang telah dioptimasi kemudian dilanjutkan dengan analisis secara fisik dan kimia pada titik perlakuan paling optimum.

Tabel 3.1 Rancangan Percobaan Proses Pembuatan Konsentrat Nira Sorgum

Std	Run	X1 Suhu evaporasi (°C)	X2 Konsentrasi Natrium Metabisulfit (g/l)	Respon 1 TSS (Brix)	Respon 2 <i>Lightness</i> (number)
4	1	90.00	0.50		
10	2	80.00	0.30		
8	3	80.00	0.58		
12	4	80.00	0.30		
13	5	80.00	0.30		
7	6	80.00	0.02		
2	7	90.00	0.10		
5	8	65.86	0.30		
9	9	80.00	0.30		
6	10	94.14	0.30		
11	11	80.00	0.30		
1	12	70.00	0.10		
3	13	70.00	0.50		

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini terdiri dari 2 tahap yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Penelitian pendahuluan terdiri dari penentuan suhu evaporasi vakum yang digunakan dengan menggunakan *Falling Film Evaporator* serta penentuan jumlah konsentrasi natrium metabisulfit yang ditambahkan. Penelitian utama adalah optimasi menggunakan metode *Respon Surface Methodology* (RSM) dengan rancangan *Central Composite Design* Pemilihan formula optimum menggunakan *Central Composite Design* dikarenakan mampu mendapatkan titik optimum formula pembuatan konsentrat nira sorgum dengan hasil terbaik tanpa

harus melakukan *running* penelitian yang lebih banyak. Tahap validasi hasil optimasi dilakukan untuk membuktikan apakah solusi optimum formulasi yang diberikan program *design expert* benar-benar dapat memberikan respon optimum. Analisis lanjutan dilakukan pada konsentrat nira sorgum yang optimum setelah tahap validasi.

3.4.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan ini dilakukan untuk menentukan suhu evaporasi vakum yang digunakan dan konsentrasi penambahan natrium metabisulfit yang tepat untuk melihat pengaruh kecerahan warna pada konsentrat nira sorgum yang dihasilkan. Konsentrasi penambahan natrium metabisulfit yang digunakan adalah sebesar 0,1 gram/liter, 0,3 gram/liter, dan 0,5 gram/liter. Besarnya konsentrasi penambahan natrium metabisulfit tersebut didasarkan pada penelitian Maharani dkk (2014), tentang penambahan natrium metabisulfit pada gula merah tebu. Sedangkan suhu evaporasi yang digunakan adalah 70°C, 80°C dan 90°C. Penentuan suhu ini berdasarkan hasil dari penelitian pendahuluan yang menunjukkan perbedaan yang dianggap cukup signifikan. Dan didapatkan data hasil penelitian pendahuluan seperti pada **Tabel 3.2** berikut ini.

Tabel 3.2. Data Hasil Penelitian Pendahuluan

Suhu Evaporasi (°C)	Natrium Metabisulfit (g/l)	Turbiditas (nm)	Densitas (g/mL)	TSS (°Brix)	Warna		
					L	A	b
70	0,1	1,451	1,145	44,2	30,1	-3,2	+6,4
	0,3	1,619	1,119	31,1	31,1	-3,3	+7,3
	0,5	1,249	1,137	31,7	31,5	-3,1	+7,0
80	0,1	1,504	1,172	43,4	29,9	-2,5	+7,9
	0,3	1,395	1,131	31,1	31,4	-2,4	+8,3
	0,5	1,352	1,169	31,8	31,8	-2,5	+8,5
90	0,1	1,570	1,177	39,0	29,3	-2,2	+8,6
	0,3	1,483	1,193	46,2	32,3	-1,9	+11,3
	0,5	1,322	1,193	45,6	33,2	-1,8	+13,3

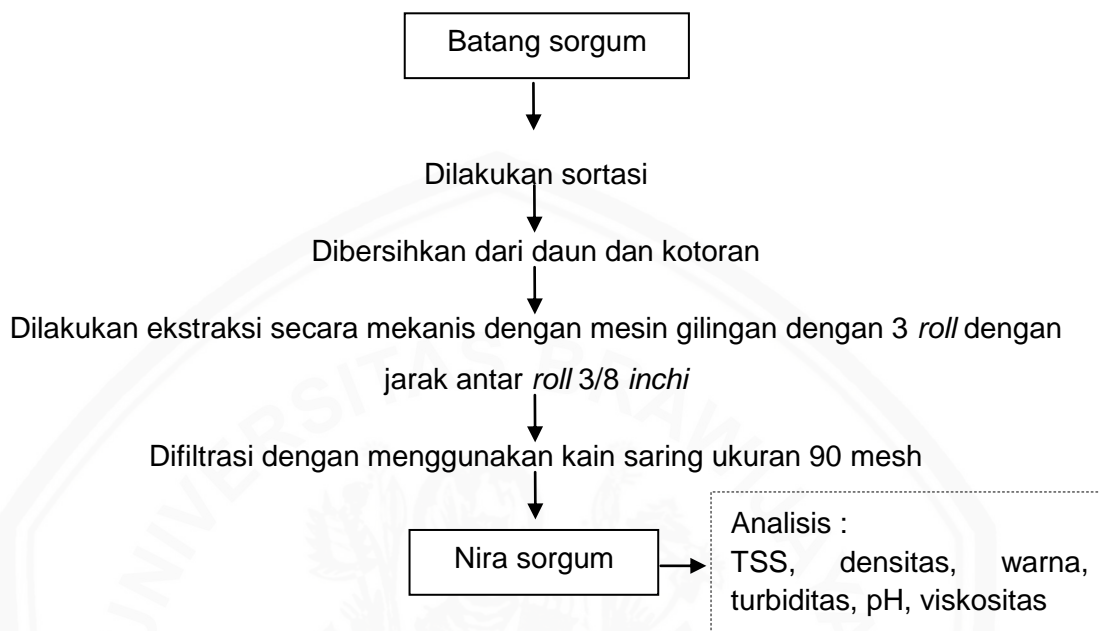
3.4.2 Penelitian Utama

Penelitian utama dilakukan dengan melakukan evaporasi dan penambahan natrium metabisulfit sesuai hasil percobaan pada penelitian pendahuluan (tabel 3.1.). Pada penelitian utama juga dilakukan proses pembuatan konsentrat nira sorgum seperti berikut:

1. Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah tanaman sorgum manis (*Sorghum bicolor*) yang telah berumur ± 90 hari
2. Bahan tambahan yang digunakan pada proses pembuatan konsentrat nira sorgum ini adalah natrium metabisulfit dan zeolit sebagai adsorben
3. Batang sorgum yang akan diolah menjadi konsentrat dibersihkan dari kotoran dan dipisahkan dari daun
4. Batang sorgum yang telah dibersihkan digiling/diekstraksi dengan menggunakan mesin ekstraksi (alat penggiling) untuk diambil niranya
5. Nira tebu yang telah didapatkan disaring dengan menggunakan kain saring untuk memisahkan kotoran, ampas dan serabut yang terikut
6. Kemudian nira dianalisis *Total Soluble Solid* (TSS), pH, densitas, turbiditas, viskositas, dan warna
7. Nira sorgum yang telah dianalisis kemudian dilakukan proses penjernihan dengan menambahkan zeolit sebanyak 3% dari berat sampel dan didiamkan selama 60 menit
8. Setelah 60 menit, zeolit dipisahkan dari nira dan dilakukan sentrifugasi selama 60 menit dengan kecepatan 700 rpm
9. Selanjutnya nira sorgum dipisahkan dari endapan setelah sentrifugasi dan ditambahkan dengan natrium metabisulfit sesuai dengan konsentrasi yang telah ditentukan pada penelitian pendahuluan
10. Nira sorgum yang telah ditambahkan dengan natrium metabisulfit kemudian dievaporasi dengan suhu yang telah ditentukan pada penelitian pendahuluan
11. Setelah dievaporasi dengan menggunakan FFE didapatkan konsentrat yang kemudian dianalisis dengan parameter pH, densitas, turbiditas, warna, TSS dan viskositas

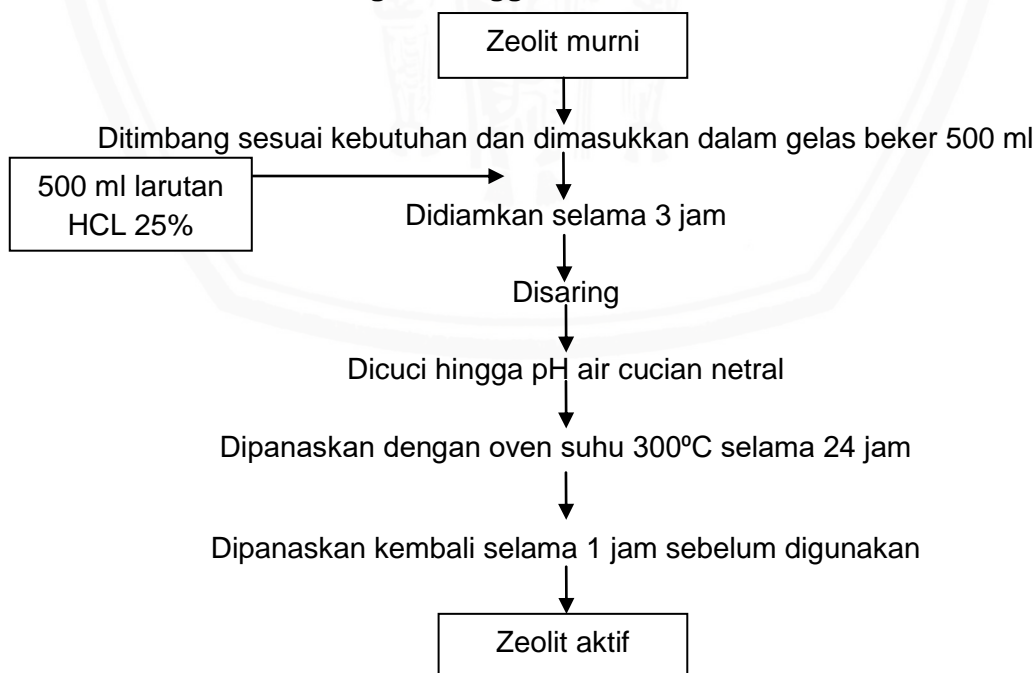
3.5 Diagram Alir Penelitian

3.5.1 Proses Ekstraksi Nira Sorgum



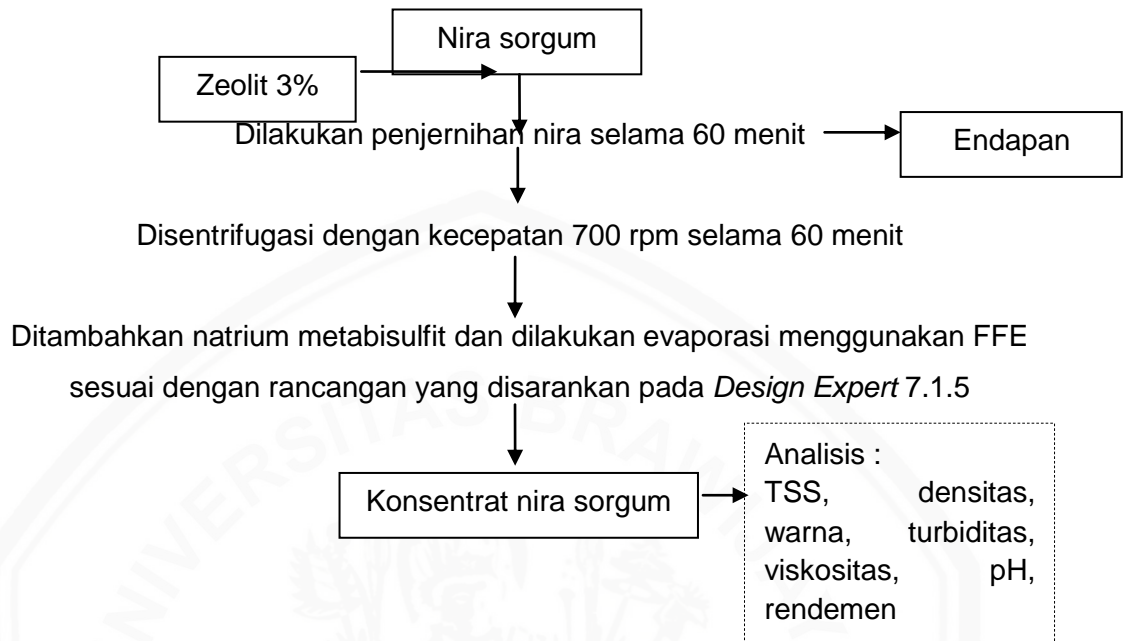
Gambar 3.1 Diagram alir proses ekstraksi nira sorgum (Makori, 2013).

3.5.2 Aktivasi Zeolit dengan Menggunakan HCl



Gambar 3.2 Diagram alir proses aktivasi zeolit menggunakan HCl (Ahmadi dan Wahyu, 2007).

3.5.3 Pembuatan Konsentrat Nira Sorgum



Gambar 3.3 Diagram alir proses pembuatan konsentrat nira sorgum (Makori, 2013).

3.6 Pengamatan

Analisa pengamatan dilakukan setelah dilakukan ekstraksi nira sorgum dan setelah dilakukan pemekatan dengan menggunakan *Falling Film Evaporator*. Parameter pengamatan yang dilakukan meliputi:

- a. Nira sorgum:
 1. pH (SNI 01-2891-1992)
 2. *Total Soluble Solid* (TSS) (AOAC, 1999)
 3. Warna (Yuwono, 1998)
 4. Densitas (Aziz *et. al*, 2010)
 5. Turbiditas (SNI 06-6989.25-2005)
 6. Viskositas (Jacobs, 1958)
- b. Konsentrat nira sorgum:
 1. pH (SNI 01-2891-1992)
 2. *Total Soluble Solid* (TSS) (AOAC, 1999)
 3. Warna (Yuwono, 1998)
 4. Densitas (Aziz *et. al*, 2010)
 5. Turbiditas (SNI 06-6989.25-2005)
 6. Viskositas (Jacobs, 1958)
 7. Rendemen (AOAC, 1995)

3.7 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan program *Design Expert 7.1.5* seperti pada **Tabel 3.1**, dimana masing-masing nilai respon (TSS dan *Lightness*) dari 13 perlakuan dimasukkan dalam program *Design Expert 7.1.5*, sehingga didapatkan output prediksi formula titik optimum. Penelitian dilanjutkan ke tahap validasi pada formula optimum untuk mengetahui solusi keadaan optimum konsentrat nira sorgum optimum yang disarankan oleh program. Solusi yang diberikan oleh program dilakukan penelitian secara aktual untuk mendapatkan hasil data respon yang akan dibandingkan dengan prediksi hasil data respon dari program. Verifikasi merupakan suatu tindakan membandingkan nilai respon hasil penelitian sebenarnya dengan nilai hasil perhitungan dari program dengan nilai validasi dibawah 5%. Hasil formula yang optimal dan telah divalidasi selanjutnya dikarakterisasi dengan parameter pH, TSS, warna, densitas, turbiditas, dan viskositas.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Nira Sorgum

Nira dari batang tanaman sorgum manis dilakukan analisis awal yang meliputi TSS, warna, pH, turbiditas dan densitas. Hasil dari analisis bahan baku awal dapat dilihat pada **Tabel 4.1** berikut ini.

Tabel 4.1 Analisis Karakteristik Bahan Baku

Karakteristik	Hasil Analisis	Literatur
TSS (°Brix)	16,20 ± 0,07	16,8*
Turbiditas (NTU)	1446,67 ± 6,50	3943 ± 342*
pH	6,13 ± 0,01	6,0**
Densitas (g/mL)	1,08 ± 0,01	1,04**
Warna		
- L	36,0 ± 0,83	-
- a	-2,12 ± 0,45	-
- b	+17,78 ± 1,04	-
Viskositas (cP)	2,33 ± 0,58	-

Sumber: *Andrzejewskiet *al.* (2013)

** Holou, R. (2012)

Nilai TSS pada hasil analisis nira sorgum sebesar 16,20°Brix dimana hasil ini sedikit lebih rendah dari literatur yakni sebesar 16,8°Brix (Andrzejewskiet *al.*, 2013). Adanya perbedaan tersebut dikarenakan komposisi dari nira dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah varietas tanaman, kondisi tanaman, keadaan tanah, iklim, pemupukan dan pengairan (Fanindi dkk., 2005). Tabri dan Zubachtirodin (2014), menyebutkan bahwa varietas Numbu merupakan salah satu varietas tanaman sorgum yang memiliki kandungan brix yang tinggi dan cocok untuk digunakan sebagai bahan baku sirup dan bioetanol. Menurut Aqil dkk. (2013), faktor lain yang mempengaruhi hasil analisis dengan literatur adalah adanya perbedaan umur panen. Tanaman sorgum dengan kandungan nira yang bagus dipanen pada usia 90-100 hari. Berdasarkan Tsuchihashi dan Goto (2004), nilai TSS pada nira akan semakin menurun seiring dengan umur tanaman sorgum karena adanya reaksi sintesis gula dari batang ke biji sorgum untuk pertumbuhan yang juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kandungan karbohidratnya.

Hasil analisis untuk turbiditas nira sorgum didapatkan sebesar 1446,67 NTU. Menurut Holou (2012), turbiditas nira sorgum sebesar 3943 NTU. Adanya perbedaan nilai turbiditas ini disebabkan karena pada proses penggilingan nira, bagian-bagian dari tanaman sorgum seperti tangkai, daun serta sebagian dari

bagian akar terikut dalam penggilingan sehingga berpengaruh pada warna dan turbiditas (kekeruhan) nira yang dihasilkan (Eggleston *et al.*, 2012). Selain itu, turbiditas juga cenderung dipengaruhi oleh sifat fisik yang berbeda seperti kekerasan pada batang yang berada di bagian bawah, perbedaan konsistensi pada sari (nira), dan tingginya kandungan serat pada batang sorgum (Andrzejewskiet *al.*, 2013). Dalam penelitian ini, pada proses penggilingan batang sorgum telah dihilangkan bagian akar dan juga daun sehingga nilai turbiditas yang didapatkan menjadi lebih rendah.

Hasil analisis pH pada bahan baku awal nira sorgum sebesar 6,13. Menurut penelitian Holou (2012), pH pada nira sorgum adalah sebesar 6. Sedangkan berdasarkan penelitian Chavan *et al.* (2009), pH nira sorgum manis bervariasi antara 5,4 hingga 7,1. Adanya perbedaan nilai pH dapat disebabkan karena kandungan asam organik dan anorganik yang terkandung dalam nira seperti asam sitrat, asam akonitat, asam malat, asam tartat dan asam asetat. Adanya perbedaan kondisi lingkungan tempat tumbuh tanaman sorgum juga menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi pH dari nira (Suzanne, 2010).

Hasil analisis untuk densitas nira sorgum pada penelitian didapatkan sebesar 1,08 g/mL. Sedangkan menurut Holou (2012), densitas nira sorgum yakni sebesar 1,04 g/mL. Berdasarkan sifat fisik dan kimianya, nira terdiri dari tiga macam bahan yang dapat mempengaruhi densitas diantaranya adalah bahan kasar yang terdispersi (memiliki ukuran $>0,0001$ mm) berupa tanah dan ampas (serat) yang jumlahnya mencapai 5% dari berat nira dan dapat dihilangkan dengan penyaringan, bahan koloid (memiliki ukuran antara $0,0001$ - $0,000001$ mm) berupa butiran tanah, lilin, lemak, protein, getah, pektin, tanin, dan zat warnadi mana bahan koloid ini dapat merangsang pertumbuhan mikroba dan jumlahnya mencapai 0,05%-0,30% berat nira, serta molekul dan ion yang terdispersi (memiliki ukuran $<0,000001$ mm) berupa gula dan unsur yang terdapat dalam abu (Azmi dkk, 2011).

Analisis warna dilakukan dengan menggunakan *Color Reader* dengan model CIELAB yang merupakan model warna yang dirancang untuk menyerupai persepsi penglihatan manusia dengan menggunakan tiga komponen yaitu L sebagai *lightness*, a dan b sebagai dimensi warna yang berlawanan (Isa dan Pradana, 2008). Pada model warna CIELAB besaran CIE_{L^*} mendeskripsikan kecerahan warna, dimana nilai 0 untuk hitam dan 100 untuk putih. Dimensi CIE_{a^*} berperan dalam mendeskripsikan jenis warna hijau-merah, dimana nilai

a^* negatif mengindikasikan warna hijau, sedangkan a^* positif mengindikasikan warna merah. Dimensi CIE b^* berperan dalam mendeskripsikan untuk jenis warna biru-kuning, yang mana nilai b^* negatif mengindikasikan warna biru dan nilai b^* positif mengindikasikan warna kuning (Indrayani, 2012). Berdasarkan hasil analisis warna yang dilakukan, nira sorgum yang digunakan sebagai bahan baku awal memiliki nilai kecerahan (L^*) sebesar 36,0. Nilai a^* sebesar -2,12 dan nilai b^* sebesar +17,78. Nilai a^* yang didapatkan adalah negatif yang dapat diartikan bahwa sampel memiliki warna hijau, sedangkan nilai b^* yang didapatkan adalah positif sehingga dapat diartikan bahwa sampel berwarna kuning. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa sampel nira sorgum yang digunakan berwarna hijau-kuning.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Noerhartati (2013), hasil pengamatan nira batang sorgum yang ditanam pada ketinggian yang berbeda (300 dan 600 mdpl) berpengaruh terhadap warna nira sorgum yang dihasilkan. Pada sorgum yang ditanam di ketinggian 300 mdpl, nira yang didapatkan berwarna hijau kecoklatan dan pada pengamatan warna dengan menggunakan tintometer didapatkan hasil warna merah sebesar 17,1, warna kuning sebesar 17 dan warna biru sebesar 4,9. Sedangkan pada sorgum yang ditanam pada 600 mdpl, nira yang didapatkan berwarna coklat dan pada pengamatan warna dengan tintometer didapatkan hasil warna merah sebesar 11, warna kuning sebesar 63 dan warna biru sebesar 12,1. Menurut Ratnavathi *et al.* (2016), warna dari nira yang didapatkan dipengaruhi oleh pigmen yang terdapat di bagian tangkai dan daun tanaman sorgum yang diekstraksi (digiling). Pigmen utama yang biasanya terdapat pada bagian ini adalah klorofil. Batang sorgum biasanya diklasifikasikan sebagai warna coklat dan ungu, berdasarkan jenis pigmen antosianin yang ada. Pigmen ini biasanya berubah warna jika terkena dengan paparan cahaya, udara atau panas, dan reaksi glukosidase atau polifenol oksidase yang menyebabkan degradasi.

Sedangkan hasil analisis untuk viskositas nira sorgum mentah adalah sebesar 2,33 cP. Analisis viskositas dilakukan untuk melihat perubahan yang terjadi pada nira sorgum dan setelah menjadi konsentrat nira sorgum. Menurut Makori (2013), penentuan viskositas sangat penting karena merupakan faktor penting dalam menentukan keseluruhan kualitas dan stabilitas dalam sebuah sistem pangan, penggunaan energi, desain dan pengendalian proses, serta pemilihan peralatan.

4.2 Optimasi Suhu Evaporasi dan Penambahan Natrium Metabisulfit

Pada penelitian ini metode analisis yang digunakan adalah RSM dengan faktor 1 adalah suhu evaporasi dan faktor 2 adalah penambahan natrium metabisulfit, dengan respon utama yang dianalisis adalah nilai TSS dan kecerahan (*lightness*). Suhu evaporasi yang digunakan berkisar antara 65,86 s/d 94,14°C dan natrium metabisulfit yang ditambahkan sebanyak 0,02 g/L, 0,10 g/L, 0,3 g/L, 0,50 g/L, dan 0,58 g/L atau lebih lengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2 Hasil Analisis Respon Nilai TSS dan Kecerahan (*Lightness*)

<i>Std</i>	<i>Run</i>	Faktor 1 Suhu Evaporasi (°C)	Faktor 2 Natrium Metabisulfit (g/l)	Respon 1 TSS (brix)	Respon 2 Kecerahan (n)
4	1	90,00	0,50	42,8	34,86
10	2	80,00	0,30	42	35,97
8	3	80,00	0,58	42,4	31,17
12	4	80,00	0,30	42,4	35,85
13	5	80,00	0,30	42,2	36,27
7	6	80,00	0,02	42,2	35,13
2	7	90,00	0,10	42,6	33,17
5	8	65,86	0,30	40,8	31,97
9	9	80,00	0,30	42,2	36,34
6	10	94,14	0,30	42,4	32,77
11	11	80,00	0,30	42,6	36,53
1	12	70,00	0,10	41,4	33,78
3	13	70,00	0,50	40,8	33,97

Hasil nilai respon 1 (TSS) merupakan nilai dari pembacaan di refraktometer dan hasil nilai respon 2 (kecerahan) merupakan hasil dari pembacaan nilai L* pada *color reader* yang dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan dan kemudian dirata-rata yang dapat dilihat pada **Lampiran 6**. Data hasil analisis yang telah dimasukkan ke dalam *Design Expert* 7.1.5 kemudian didapatkan hasil analisis ragam, prediksi model persamaan yang diperoleh dan penentuan titik optimum pada respon.

4.3 Analisis Metodologi Permukaan Respon

Pada analisis permukaan respon menggunakan rancangan *central composite design* terdapat beberapa model statistika yang dapat digunakan untuk menganalisis data hasil penelitian yang telah didapatkan. Beberapa model statistik yang ditawarkan dalam *Design Expert* adalah model linier, linier dengan interaksi (2FI), kuadratik dan kubik. Pemilihan model yang paling sesuai untuk

menentukan respon optimum didapatkan berdasarkan komputerisasi *Design Expert*, yaitu jumlah kuadrat dari urutan model (*Sequential Model Sum of Squares*), pengujian ketidaktepatan model (*Lack of Fit Test*), ringkasan model secara statistik (*Model Summary Statistics*) dan ANOVA seperti pada **Lampiran 2.1** sampai **Lampiran 2.8**.

4.3.1 Pemilihan Model Respon TSS

4.3.1.1 Berdasarkan *Sequential Model Sum of Squares*

Pemilihan model ditentukan berdasarkan 3 tahap yaitu jumlah kuadrat dari urutan model (*Sequential Model Sum of Squares*), ketidaktepatan model (*Lack of Fit Test*), dan ringkasan model statistik (*Model Summary Statistic*). Model yang terpilih berdasarkan *Sequential Model Sum of Squares* adalah urutan polinomial dengan nilai tertinggi dimana syarat model yang diterima bernilai nyata jika P bernilai kurang dari 5% (0,05) yang berarti model tersebut dapat menggambarkan pengaruh yang signifikan terhadap respon. Perhitungan pemilihan model berdasarkan *Sequential Model Sum of Squares* dapat dilihat pada **Tabel 4.3** berikut ini.

Tabel 4.3 Data *Sequential Model Sum of Squares* Respon TSS

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	<i>p-value</i> (prob>F)	Keterangan
Mean vs Total	22915,20	1	22915,20			
Linear vs Mean	3,41	2	1,71	13,91	0,0013	
2 FI vs Linear	0,12	1	0,12	1,00	0,3436	
<u>Quadratic vs 2FI</u>	<u>0,80</u>	<u>2</u>	<u>0,40</u>	<u>9,23</u>	<u>0,01009</u>	<u>Suggested</u>
Cubic vs Quadratic	0,14	2	0,072	2,26	0,1997	<u>Aliased</u>
Residual	0,16	5	0,032			
Total	22919,84	13	1763,06			

Berdasarkan *Sequential Model Sum of Squares* pada respon TSS didapatkan hasil bahwa model yang disarankan oleh *software* adaah *Quadratic vs 2FI* karena memiliki *p-value* kurang dari 5% yaitu 0,0109. Hal ini dapat diartikan bahwa model tersebut memiliki pengaruh terhadap respon TSS. Nilai *p-value* kurang dari 5% menunjukkan bahwa model tersebut berpengaruh nyata dan dapat menjelaskan respon.

4.3.1.2 Berdasarkan *Lack of Fit Tests*

Dari keempat model yang ada, yang terpilih sebagai model dengan keterangan *suggested* adalah *Quadratic vs 2FI*. Maka pemilihan model harus

didasarkan pada hasil uji ketidaktepatan model (*Lack of Fit Tests*) dengan model pemilihan yang juga memiliki keterangan *suggested*. Hasil perhitungan uji ketidaktepatan model (*Lack of Fit Tests*) dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4 Data Analisis Uji Ketidaktepatan Model (*Lack of Fit Tests*) Respon TSS

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	p-value (prob>F)	Keterangan
<i>Linear</i>	1,08	6	0,18	4,86	0,0740	
<i>2FI</i>	0,96	5	0,19	5,16	0,0684	
<u><i>Quadratic</i></u>	<u>0,16</u>	<u>3</u>	<u>0,052</u>	<u>1,40</u>	<u>0,3654</u>	<i>Suggested</i>
<i>Cubic</i>	0,011	1	0,011	0,30	0,6107	<i>Aliased</i>
<i>Pure Error</i>	0,15	4	0,037			

Pada pemilihan model ini dianggap tepat apabila ketidaktepatan model berpengaruh tidak nyata, dengan nilai p yang paling tinggi adalah nilai p lebih dari 5% dan model tersebut memiliki keterangan *suggested*. Pada **Tabel 4.4** dapat dilihat model yang disarankan oleh *software* adalah *Quadratic*, dikarenakan nilai p pada model tersebut sebesar 0,3654. Hal ini dapat diartikan bahwa model ini merupakan model yang tepat untuk respon TSS. Sedangkan pada model *Linear* dan *2FI* memiliki nilai p lebih kecil dari 5% dimana nilai p masing-masing sebesar 0,0740 dan 0,0684. Pada model *Cubic* memiliki nilai p sebesar 0,6107 dan terdapat keterangan *aliased* atau tidak disarankan oleh program sehingga model ini tidak digunakan.

4.3.1.3 Berdasarkan *Model Summary Statistic*

Pada pemilihan model ini didasarkan oleh nilai *adjusted R-squared* (akar R-kuadrat) dan *predicted R-squared* (prediksi kuadrat) yang paling besar dan nilai PRESS (*Prediction Error Sum of Square*) dan standar deviasi yang paling kecil. Hasil analisis dapat dilihat pada **Tabel 4.5** sebagai berikut.

Tabel 4.5 Hasil Pemilihan Model Berdasarkan *Model Summary Statistic*

Sumber Keragaman	Standar Deviasi	R-Squared	Adjust R-Squared	Predicted R-Squared	PRESS	Keterangan
<i>Linear</i>	0,35	0,7356	0,6827	0,4919	2,36	
<i>2FI</i>	0,35	0,7620	0,6827	0,4235	2,67	
<u><i>Quadratic</i></u>	<u>0,21</u>	<u>0,9346</u>	<u>0,8879</u>	<u>0,7119</u>	<u>1,34</u>	<i>Suggested</i>
<i>Cubic</i>	0,18	0,9657	0,9176	0,7949	0,95	<i>Aliased</i>

Dari **Tabel 4.5** dapat dilihat bahwa desain model yang terpilih sebagai model yang tepat adalah *Quadratic*. Hal ini dikarenakan model *Quadratic* memiliki nilai PRESS yang paling rendah dibandingkan model *Linear* dan *2FI*. PRESS

menunjukkan prediksi kesalahan jumlah kuadrat yang apabila nilai PRESS rendah maka prediksi kesalahan juga semakin rendah. Nilai standar deviasi pada model *Quadratic* sebesar 0,21 dan lebih kecil jika dibandingkan dengan model *Linear* dan *2FI*. Standar deviasi menunjukkan tingkat keragaman data yang rendah. Seiring dengan nilai standar deviasi yang rendah, model *Quadratic* memiliki nilai *adjusted R-Squared* dan *predicted R-Squared* yang paling tinggi yaitu sebesar 0,9346 dan 0,7119. Parameter *adjusted R-Squared* digunakan untuk mendapatkan nilai signifikan dari variabel yang lebih tepat. Hal ini berarti variabel suhu evaporasi dan penambahan natrium metabisulfit berpengaruh terhadap respon TSS sebesar 93,46% pada model *Quadratic*. Sedangkan pada model *Cubic* terdapat keterangan *aliased* yang berarti model tidak disarankan untuk digunakan oleh program.

Berdasarkan tiga kriteria pemilihan model, maka model yang terpilih untuk menjelaskan hubungan antara suhu evaporasi dan penambahan natrium metabisulfit terhadap respon TSS adalah model *Quadratic*.

4.3.1.4 Hasil Analisis Ragam (ANOVA)

Model terbaik untuk analisis permukaan respon TSS adalah *Quadratic*. Berikut ini adalah hasil analisis ragam (ANOVA) untuk model tersebut yang dapat dilihat pada **Tabel 4.6** berikut ini.

Tabel 4.6 Hasil Analisis Ragam (ANOVA) pada Respon TSS

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob>F	
Model	4,33	5	0,87	20,00	0,0005	Significant
A-Suhu	3,41	1	3,41	78,64	<0,0001	
B-Natrium Metabisulfit	3,143E-003	1	3,143E-003	0,073	0,7954	
AB	0,12	1	0,12	2,83	0,1366	
A ²	0,77	1	0,77	17,88	0,0039	
B ²	1,837E-003	1	1,837E-003	0,042	0,8427	
Residual	0,30	7	0,043			Not significant
Lack of Fit	0,16	3	0,052	1,40	0,3654	
Pure Error	0,15	4	0,037			
Cor Total	4,64	12				

Berdasarkan hasil analisis ragam (ANOVA) faktor suhu evaporasi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai TSS. Hal ini dapat ditunjukkan dari hasil model dimana nilai p sebesar <0,0001 dimana nilai tersebut sudah sesuai dengan ketentuan nilai p kurang dari 5% ($P < 0,05$) yang dapat diartikan menunjukkan pengaruh signifikan. Model yang terpilih adalah kuadratik

ditunjukkan dengan hasil model yang memiliki nilai p sebesar 0,0005 yang sudah sesuai dalam menunjukkan pola respon TSS. Sedangkan faktor penambahan natrium metabisulfit tidak memberikan pengaruh terhadap nilai TSS karena berdasarkan pengujian secara linier dan kuadrat memiliki hasil yang tidak signifikan ($>0,05\%$). Kemudian pada baris ketidaktepatan (*Lack of Fit*) menunjukkan model kuadratik memiliki nilai p sebesar 0,3654 dan terdapat keterangan *not significant* yang berarti bahwa ketidaktepatan pengujian tidak berpengaruh nyata terhadap respon. Hal ini menunjukkan bahwa model telah sesuai dengan seluruh rancangan.

Analisis keragaman (ANOVA) menunjukkan pengaruh masing-masing faktor terhadap respon TSS. Berikut ini merupakan persamaan model polinomial respon TSS. Persamaan model polinomial ini berdasarkan **Lampiran 2.9**. Persamaan ini dapat digunakan untuk mengetahui nilai respon TSS yang akan didapatkan jika nilai faktor yang digunakan pada proses pembuatan konsentrat berbeda.

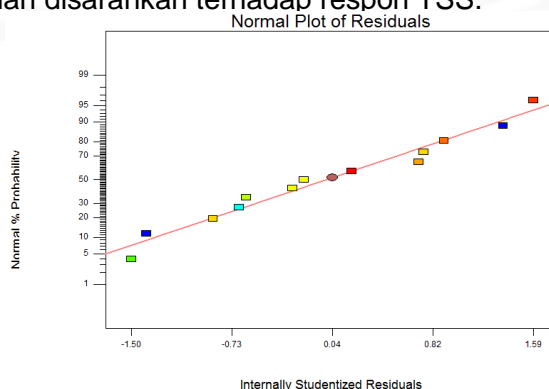
$$Y = 17,765 + 0,573X_1 - 7,343X_2 + 0,875X_1X_2 - 3,337 \times 10^{-003}X_1^2 + 0,406X_2^2$$

Dimana: X_1 = Suhu Evaporasi ($^{\circ}\text{C}$)

X_2 = Natrium Metabisulfit (g/l)

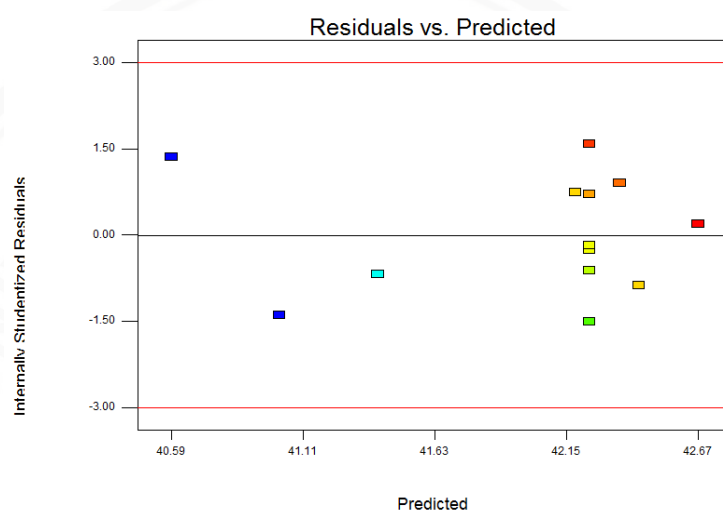
4.3.1.5 Pengaruh Faktor Terhadap Nilai Respon TSS

Hubungan antara variabel suhu evaporasi (X_1) dan penambahan natrium metabisulfit (X_2) terhadap TSS digambarkan melalui kontur plot dan grafik permukaan respon. Respon TSS digambarkan dalam kontur-kontur plot yang masing-masing koordinatnya menunjukkan taraf setiap variable. Satu kontur yang muncul merupakan perwakilan dari nilai spesifik tinggi permukaan respon. Berikut ini **Gambar 4.1** mengenai kurva normalitas (*Normal Plot of Residuals*) dan **Gambar 4.2** mengenai kurva homogenitas ragam (*Residual vs Predicted*) dari model yang telah disarankan terhadap respon TSS.



Gambar 4.1 Kurva *Normal Plot of Residuals* terhadap respon TSS

Pada **Gambar 4.1** diatas menunjukkan bahwa hampir semua titik residual mengikuti garis berwarna merah. Hal ini mengindikasikan bahwa secara deskriptif, residual sudah mengikuti distribusi normal. Menurut Kumari *et al.* (2008), jika titik-titik data semakin mendekati garis kenormalan menunjukkan data menyebar normal yang berarti hasil aktual akan mendekati hasil prediksi oleh program. Oleh karena itu, model tersebut dianggap telah terdistribusi secara normal. Sedangkan pada **Gambar 4.2** terlihat bahwa plot residual dan *predicted* secara random berada diatas dan dibawah garis mendatar dititik 0.0 serta plot residual berada diantara garis merah dan tidak ada yang menyimpang. Hal ini menunjukkan bahwa homogenitas ragam telah terpenuhi.

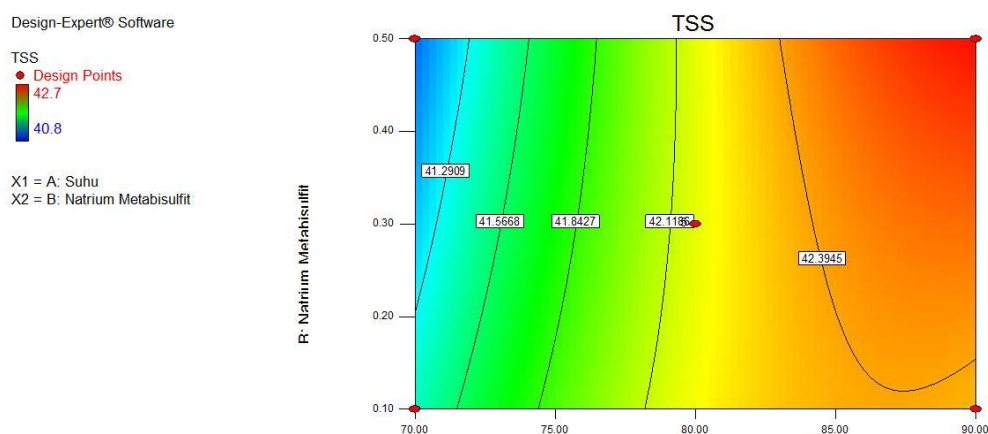


Gambar 4.2 Kurva *Residuals vs Predicted* terhadap respon TSS

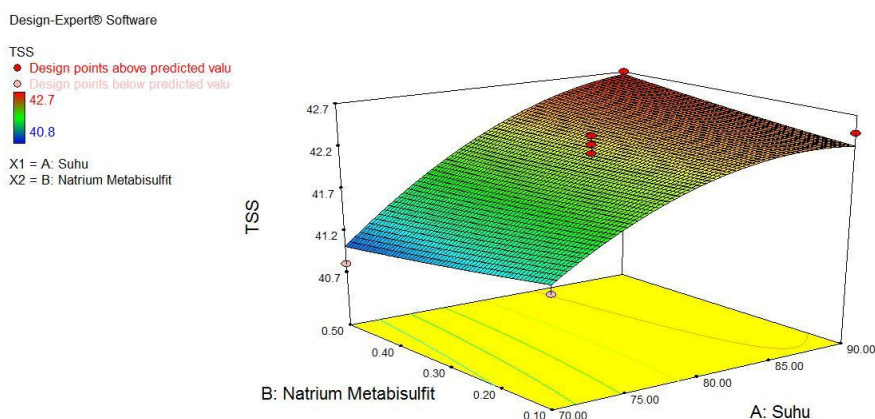
Pada penelitian ini, faktor suhu evaporasi dan penambahan natrium metabisulfit memiliki pengaruh interaksi terhadap respon TSS yang ditunjukkan pada **Gambar 4.3** dan **Gambar 4.4** yang dapat dilihat bahwa pengaruh interaksi antara suhu evaporasi dan penambahan natrium metabisulfit bersifat *Quadratic* terhadap respon TSS. Pada **Gambar 4.3** *contour plot* terlihat garis melingkar yang semakin melebar yang juga mempengaruhi gradiasi warna mulai dari warna biru tua, biru muda, hijau, kuning, sampai merah dengan bentuk potongan lingkaran. Gradiasi warna tersebut menunjukkan perbedaan nilai TSS, sedangkan garis-garis yang berada di dalam kontur menunjukkan nilai respon. Warna biru tua dan garis yang paling luar pada kontur menunjukkan nilai TSS yang paling rendah sedangkan warna merah dan garis kontur yang semakin kedalam menunjukkan nilai TSS yang semakin tinggi sehingga dapat diketahui

respon optimum berdasarkan plot kontur yang ditandai dengan titik berwarna merah yang terdapat pada garis kontur.

Sedangkan pada **Gambar 4.4** dapat dilihat bahwa grafik respon terjadi peningkatan nilai TSS seiring dengan meningkatnya suhu evaporasi. Menurut Herawati dkk. (2001), peningkatan nilai TSS selama proses evaporasi berlangsung disebabkan oleh penurunan kadar air pada bahan. Semakin tinggi suhu evaporasi maka penguapan akan terjadi semakin cepat sehingga waktu evaporasi yang dibutuhkan untuk mencapai nilai brix tertentu juga akan semakin cepat. Namun penggunaan suhu yang tinggi dapat mengakibatkan beberapa bahan yang sensitif terhadap panas seperti pigmen warna, gula, vitamin, vitamin A serta protein. Nira sorgum manis berwarna hijau kekuningan, sehingga dapat disimpulkan mengandung pigmen klorofil. Menurut Susanto (2007), perubahan warna hijau menjadi kecoklatan terjadi akibat reaksi pencoklatan secara enzimatis disebabkan karena rusaknya struktur klorofil. Klorofil akan mengalami degradasi akibat perlakuan panas maupun kondisi asam.



Gambar 4.3 Contour Plot Kurva Permukaan Terhadap Respon Nilai TSS



Gambar 4.4 Grafik Interaksi Faktor Terhadap Nilai TSS

4.3.2.1 Berdasarkan *Sequential Model Sum of Squares*

Pemilihan model ditentukan berdasarkan 3 tahap yaitu jumlah kuadrat dari urutan model (*Sequential Model Sum of Squares*), ketidaktepatan model (*Lack of Fit Test*), dan ringkasan model statistik (*Model Summary Statistic*). Model yang terpilih berdasarkan *Sequential Model Sum of Squares* adalah urutan polinomial dengan nilai tertinggi dimana syarat model yang diterima bernilai nyata jika P bernilai kurang dari 5% (0,05) yang berarti model tersebut dapat menggambarkan pengaruh yang signifikan terhadap respon. Perhitungan pemilihan model berdasarkan *Sequential Model Sum of Squares* dapat dilihat pada **Tabel 4.7** berikut ini.

Tabel 4.7 Data *Sequential Model Sum of Squares* Respon Kecerahan

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	p-value (prob>F)	Keterangan
Mean vs Total	15884,43	1	15884,43			
Linear vs Mean	3,09	2	1,54	0,49	0,6263	
2 FI vs Linear	0,56	1	0,56	0,16	0,6951	
<u>Quadratic vs 2FI</u>	<u>29,42</u>	<u>2</u>	<u>14,71</u>	<u>69,38</u>	<u><0,0001</u>	<u>Suggested</u>
Cubic vs Quadratic	0,22	2	0,11	4,43	0,6737	Aliased
Residual	1,27	5	0,25			
Total	15918,98	13	1224,54			

Berdasarkan pemilihan model pada *Sequential Model Sum of Squares* pada respon kecerahan didapatkan hasil bahwa model yang disarankan oleh *software* adalah *Quadratic vs 2FI* karena memiliki nilai p sebesar $<0,0001$ (kurang dari 0,05). Hal ini dapat diartikan bahwa model yang disarankan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon kecerahan.

4.3.2.2 Berdasarkan *Lack of Fit Tests*

Dari keempat model yang ada, yang terpilih sebagai model dengan keterangan *suggested* adalah *Quadratic vs 2FI*. Maka pemilihan model harus didasarkan pada hasil uji ketidaktepatan model dengan model pemilihan yang juga memiliki keterangan *suggested*. Hasil perhitungan uji ketidaktepatan model dapat dilihat pada **Tabel 4.8**.

Tabel 4.8 Data Analisis Uji Ketidaktepatan Model (*Lack of Fit Tests*) Respon Kecerahan

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	p-value (prob>F)	Keterangan
<i>Linear</i>	30,40	6	5,07	18,96	0,0066	
<i>2FI</i>	29,83	5	5,97	22,33	0,0051	
<u><i>Quadratic</i></u>	<u>0,42</u>	<u>3</u>	<u>0,14</u>	<u>0,52</u>	<u>0,6921</u>	<u><i>Suggested</i></u>
<i>Cubic</i>	0,20	1	0,20	0,74	0,4374	<i>Aliased</i>
<i>Pure Error</i>	1,07	4	0,27			

Pada pemilihan model ini dianggap tepat apabila ketidaktepatan model berpengaruh tidak nyata, dengan nilai p yang paling tinggi adalah nilai p lebih dari 5% dan model tersebut memiliki keterangan *suggested*. Pada **Tabel 4.8** dapat dilihat model yang disarankan oleh *software* adalah *Quadratic*, dikarenakan nilai p pada model tersebut sebesar 0,6921. Hal ini dapat diartikan bahwa model ini merupakan model yang tepat untuk respon kecerahan. Sedangkan pada model *Linear* dan *2FI* memiliki nilai p lebih kecil dari 5% dimana nilai p masing-masing sebesar 0,0066 dan 0,0051. Pada model *Cubic* memiliki nilai p sebesar 0,4374 dan terdapat keterangan *aliased* atau tidak disarankan oleh program sehingga model ini tidak digunakan.

4.3.2.3 Berdasarkan *Model Summary Statistic*

Pada pemilihan model ini didasarkan oleh nilai *adjusted R-squared* (akar R-kuadrat) dan *predicted R-squared* (prediksi kuadrat) yang paling besar dan nilai PRESS (*Prediction Error Sum of Square*) dan standar deviasi yang paling kecil. Hasil analisis dapat dilihat pada **Tabel 4.9** sebagai berikut.

Tabel 4.9 Hasil Pemilihan Model Berdasarkan *Model Summary Statistic*

Sumber Keragaman	Standar Deviasi	R-Squared	Adjust R-Squared	Predicted R-Squared	PRESS	Keterangan
<i>Linear</i>	1,77	0,0893	-0,0928	-0,6996	58,72	
<i>2FI</i>	1,85	0,1056	-0,1925	-1,0737	71,65	
<u><i>Quadratic</i></u>	<u>0,46</u>	<u>0,9570</u>	<u>0,9264</u>	<u>0,8662</u>	<u>4,62</u>	<u><i>Suggested</i></u>
<i>Cubic</i>	0,50	0,9633	0,9120	0,05841	14,37	<i>Aliased</i>

Dari **Tabel 4.9** dapat dilihat bahwa desain model yang terpilih sebagai model yang tepat adalah *Quadratic*. Hal ini dikarenakan model *Quadratic* memiliki nilai PRESS yang paling rendah dibandingkan model *Linear*, *2FI* dan *Cubic*. PRESS menunjukkan prediksi kesalahan jumlah kuadrat yang apabila nilai PRESS rendah maka prediksi kesalahan juga semakin rendah. Nilai standar deviasi pada model *Quadratic* sebesar 0,46 dan paling kecil jika dibandingkan dengan model-model yang lainnya. Standar deviasi menunjukkan tingkat keragaman data yang

rendah. Seiring dengan nilai standar deviasi yang rendah, model *Quadratic* memiliki nilai *adjusted R-Squared* dan *predicted R-Squared* yang paling tinggi yaitu sebesar 0,9570 dan 0,8662. Parameter *adjusted R-Squared* digunakan untuk mendapatkan nilai signifikan dari variabel yang lebih tepat. Hal ini berarti variabel suhu evaporasi dan penambahan natrium metabisulfit berpengaruh terhadap respon kecerahan sebesar 95,70% pada model *Quadratic*. Sedangkan pada model *Cubic* terdapat keterangan *aliased* yang berarti model tidak disarankan untuk digunakan oleh program.

Berdasarkan tiga kriteria pemilihan model, maka model yang terpilih untuk menjelaskan hubungan antara suhu evaporasi dan penambahan natrium metabisulfit terhadap respon kecerahan adalah model *Quadratic*.

4.3.1.1.4 Hasil Analisis Ragam (ANOVA)

Model terbaik untuk analisis permukaan respon kecerahan adalah *Quadratic*. Dan berikut ini adalah hasil analisis ragam (ANOVA) untuk model tersebut yang dapat dilihat pada **Tabel 4.10** berikut ini.

Tabel 4.10 Hasil Analisis Ragam (ANOVA) pada Respon Kecerahan

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob>F	
Model	33,07	5	6,61	31,19	0,0001	Significant
A-Suhu	0,25	1	0,25	1,17	0,3144	
B-Natrium Metabisulfit	2,84	1	2,84	13,39	0,0081	
AB	0,56	1	0,56	2,65	0,1474	
A ²	29,34	1	29,34	138,39	<0,0001	
B ²	0,19	1	0,19	0,88	0,3795	
Residual	1,48	7	0,21			Not significant
Lack of Fit	0,42	3	0,14	0,52	0,6921	
Pure Error	1,07	4	0,27			
Cor Total	34,55	12				

Hasil analisis ragam (ANOVA) dengan faktor suhu evaporasi dan penambahan natrium metabisulfit memberikan pengaruh terhadap kecerahan. Hal ini dapat ditunjukkan dari hasil model yang sesuai dalam menunjukkan pola respon kecerahan yaitu kuadratik dimana nilai p sebesar 0,0001 dan nilai tersebut sudah sesuai dengan ketentuan nilai p kurang dari 5% ($P < 0,05$) yang dapat diartikan menunjukkan pengaruh yang signifikan. Berdasarkan pengujian *design expert*, masing-masing faktor dilakukan pengujian secara linier dan kuadratik, sehingga untuk pemilihan model dan melihat pengaruh harus dilihat dari pengujian keduanya. Dalam hal ini, faktor suhu evaporasi memberikan

pengaruh secara kuadratik sedangkan faktor penambahan natrium metabisulfite memberikan pengaruh secara kuadratik dan linier. Sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor-faktor yang digunakan memberikan pengaruh secara kuadratik.

Kemudian pada baris ketidaktepatan (*Lack of Fit*) menunjukkan model kuadratik memiliki nilai p sebesar 0,6921 dan terdapat keterangan *not significant* yang berarti bahwa ketidaktepatan pengujian tidak berpengaruh nyata terhadap respon sehingga hal ini menunjukkan bahwa model telah sesuai dengan seluruh rancangan. Analisis keragaman (ANOVA) menunjukkan pengaruh masing-masing faktor terhadap respon kecerahan. Berikut ini merupakan persamaan model polinomial respon kecerahan dimana dalam hal ini persamaan polinomial tertinggi terdapat pada model kuadratik. Persamaan model polinomial ini berdasarkan **Lampiran 2.10** yang mana persamaan ini juga dapat digunakan untuk mengetahui nilai respon kecerahan yang akan didapatkan jika nilai faktor yang digunakan pada proses pembuatan konsentrat berbeda.

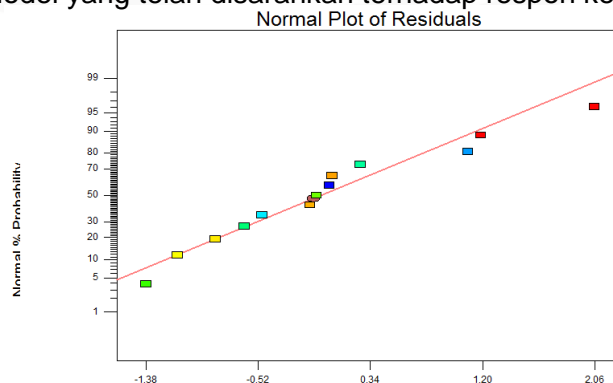
$$Y = -93,293 + 3,247X_1 - 9,566X_2 + 0,187X_1X_2 - 0,020X_1^2 - 4,094X_2^2$$

Dimana: X_1 = Suhu Evaporasi ($^{\circ}\text{C}$)

X_2 = Natrium Metabisulfite (g/l)

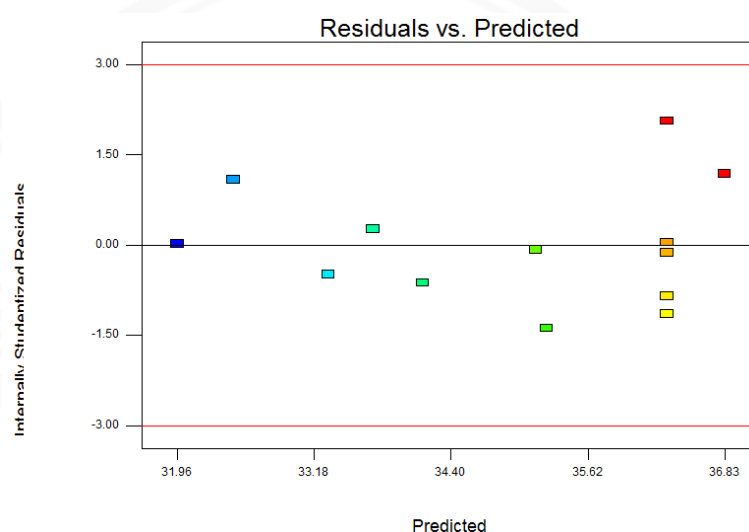
4.3.2.5 Pengaruh Faktor Terhadap Nilai Respon Kecerahan

Hubungan antara variabel suhu evaporasi (X_1) dan penambahan natrium metabisulfite (X_2) terhadap kecerahan digambarkan melalui kontur plot dan grafik permukaan respon. Respon kecerahan digambarkan dalam kontur-kontur plot yang masing-masing koordinatnya menunjukkan taraf setiap variabel. Satu kontur yang muncul merupakan perwakilan dari nilai spesifik tinggi permukaan respon. Berikut ini **Gambar 4.5** mengenai kurva normalitas (*Normal Plot of Residuals*) dan **Gambar 4.6** mengenai kurva homogenitas ragam (*Residual vs Predicted*) dari model yang telah disarankan terhadap respon kecerahan.



Gambar 4.5 Kurva *Normal Plot of Residuals* terhadap Respon Kecerahan

Pada **Gambar 4.5** tersebut menunjukkan bahwa hampir semua titik residual mengikuti garis berwarna merah. Hal ini mengindikasikan bahwa secara deskriptif, residual sudah mengikuti distribusi normal. Menurut Kumari *et al.* (2008), jika titik-titik data semakin mendekati garis kenormalan menunjukkan data menyebar normal yang berarti hasil aktual akan mendekati hasil prediksi oleh program. Oleh karena itu, model tersebut dianggap telah terdistribusi secara normal. Sedangkan pada **Gambar 4.6** terlihat bahwa plot residual dan *predicted* secara random berada diatas dan dibawah garis mendatar dititik 0.0 serta plot residual berada diantara garis merah dan tidak ada yang menyimpang. Hal ini menunjukkan bahwa homogenitas ragam telah terpenuhi.



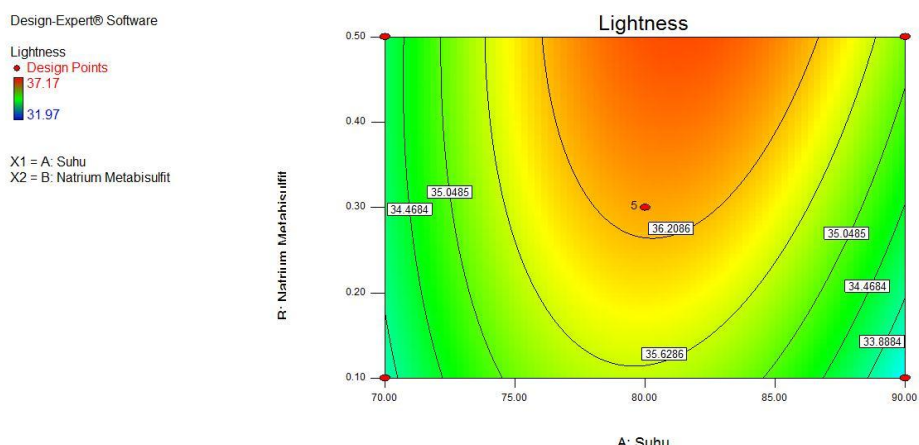
Gambar 4.6 Kurva *Residuals vs Predicted* terhadap Respon Kecerahan

Pada penelitian ini, faktor suhu evaporasi dan penambahan natrium metabisulfite memiliki pengaruh interaksi terhadap respon kecerahan yang ditunjukkan pada **Gambar 4.7** dan **Gambar 4.8** yang dapat dilihat bahwa pengaruh interaksi antara suhu evaporasi dan penambahan natrium metabisulfite bersifat *Quadratic* terhadap respon kecerahan. Pada **Gambar 4.7** *contour plot* terlihat garis melingkar yang semakin melebar yang juga mempengaruhi gradiasi warna mulai dari warna biru tua, biru muda, hijau, kuning, sampai merah dengan bentuk setengah lingkaran. Gradiasi warna tersebut menunjukkan perbedaan nilai kecerahan, sedangkan garis-garis yang berada di dalam kontur menunjukkan nilai respon. Warna biru tua dan garis yang paling luar pada kontur menunjukkan nilai kecerahan yang paling rendah sedangkan warna merah dan garis kontur yang semakin kedalam menunjukkan nilai kecerahan yang semakin tinggi

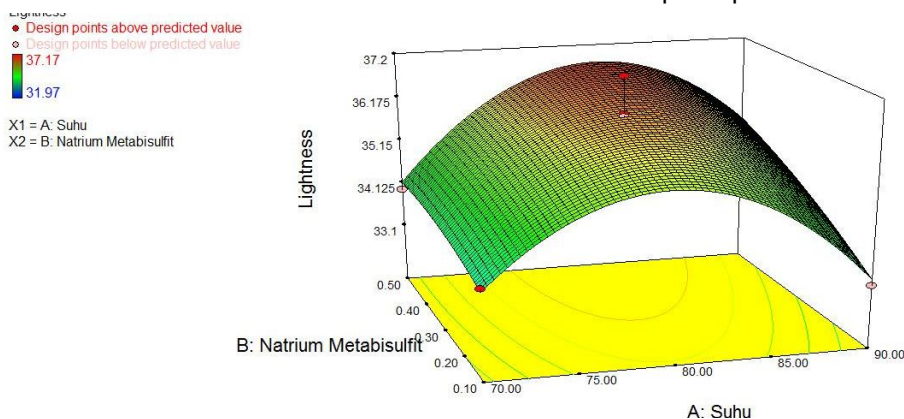
sehingga dapat diketahui respon optimum berdasarkan plot kontur yang ditandai dengan titik berwarna merah yang terdapat pada garis kontur.

Sedangkan pada **Gambar 4.8** dapat dilihat bahwa grafik respon terjadi peningkatan nilai kecerahan pada suhu evaporasi 80°C dan mengalami penurunan pada suhu evaporasi 90°C. Pada **Tabel 4.10** terlihat bahwa faktor suhu evaporasi dan penambahan natrium metabisulfit memberikan pengaruh terhadap kecerahan dari konsentrat yang dihasilkan. Menurut penelitian Dewi dkk.(2015), penambahan natrium metabisulfit memberikan pengaruh terhadap kecerahan warna gula. Hal ini dikarenakan penambahan natrium metabisulfit dapat digunakan sebagai penghambat reaksi pencoklatan, baik reaksi *maillard* maupun karamelisasi.

Dalam nira sorgum manis mengandung klorofil yang cukup tinggi. Menurut Susanto (2007), hilangnya warna hijau akibat reaksi pencoklatan secara enzimatis disebabkan karena rusaknya struktur klorofil. Klorofil akan mengalami degradasi akibat perlakuan panas maupun kondisi asam. Rusaknya struktur pada klorofil tersebut dikarenakan hilangnya ion Mg^{2+} sehingga terjadi perubahan senyawa klorofil menjadi senyawa feopitin (hijau kecoklatan) atau feoporbid (coklat).



Gambar 4.7 Contour Plot Kurva Permukaan terhadap Respon Kecerahan



Gambar 4.8 Grafik Interaksi Faktor Terhadap Nilai Kecerahan

4.4 Penentuan Titik Optimum Suhu Evaporasi dan Penambahan Natrium Metabisulfit

Langkah yang dilakukan selanjutnya adalah menentukan titik optimum berdasarkan faktor yang telah ditentukan yakni suhu evaporasi (faktor 1) dan penambahan natrium metabisulfit (faktor 2) terhadap respon TSS dan kecerahan. Penentuan titik optimum dapat dilihat pada **Tabel 4.11** dimana titik optimum yang didapatkan adalah penggunaan suhu evaporasi sebesar 83,71°C dan penambahan natrium metabisulfit sebesar 0,50 g/l dengan nilai TSS sebesar 42,44°Brix serta kecerahan sebesar 36,67. Nilai *desirability* berdasar titik optimum adalah sebesar 0,883. Menurut Raissi dan Farsani (2009), apabila nilai *desirability* semakin mendekati angka 1, maka semakin tinggi nilai ketepatan optimasi.

Tabel 4.11 Penentuan Titik Optimum Suhu Evaporasi dan Penambahan Natrium Metabisulfit

Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
Suhu	Is in range	70	90	1	1	3
Natrium Metabisulfit	Is in range	0,1	0,5	1	1	3
TSS	Maximize	40,8	42,7	1	1	3
Lightness	Maximize	31,97	37,17	1	1	3

4.5 Verifikasi Hasil Optimum Suhu Evaporasi dan Penambahan Natrium Metabisulfit terhadap Respon Nilai TSS dan Kecerahan

Tahap verifikasi dilakukan dengan tujuan untuk menegaskan kondisi optimum antar faktor yaitu suhu evaporasi dan penambahan natrium metabisulfit terhadap nilai TSS dan kecerahan. Menurut Madamba (2005), model RSM dianggap memadai apabila nilai prediksi respon pada kondisi optimum mendekati nilai verifikasi. Verifikasi dilakukan pada model yang sesuai dengan prediksi kondisi optimum. Berikut ini pada **Tabel 4.12** dan **Tabel 4.13** merupakan hasil prediksi hasil verifikasi yang disarankan oleh *software Design Expert 7.1.5*

Tabel 4.12 Point Prediction Suhu Evaporasi dan Penambahan Natrium Metabisulfit

Faktor	Nama	Level	Level Terendah	Level Tertinggi	Standar Deviasi	Coding
A	Suhu Evaporasi	83,71	70,00	90,00	0,000	Actual
B	Natrium Metabisulfit	0,50	0,10	0,50	0,000	Actual

Tabel 4.13 Point Prediction Hasil Optimum Respon Utama

Respon	Prediksi	SE Mean	95% CI Low	95% CI High	SE Pred	95% PI Low	95% PI High
TSS	42,44	0,11	42,17	42,71	0,24	41,88	43,00
Kecerahan	36,67	0,25	36,08	37,27	0,53	35,4	37,923

Tabel 4.11 dan **Tabel 4.12** merupakan hasil optimum dari yang disarankan oleh *software*, kemudian dilakukan penelitian untuk verifikasi agar didapatkan nilai optimum untuk membuktikan apakah sudah sesuai dengan hasil yang disarankan. Hasil verifikasi dapat dilihat pada **Tabel 4.14** berikut ini.

Tabel 4.14 Perbandingan Antara Hasil Optimasi dengan Hasil Verifikasi

	Suhu Evaporasi (°C)	Natrium Metabisulfit (g/l)	TSS (brix)	Kecerahan
Prediksi*	83,71	0,50	42,44	36,67
Verifikasi**	84	0,50	42,42	36,13
Selisih			0,02	0,54

Keterangan: *Hasil perhitungan *software*

**Data hasil analisis merupakan rerata dari 3 kali ulangan

Berdasarkan **Tabel 4.14**, menurut hasil perhitungan *software* didapatkan nilai respon TSS dan kecerahan sebesar 42,44°Brix dan 36,67. Sedangkan hasil dari verifikasi didapatkan nilai respon TSS dan kecerahan sebesar 42,42°Brix dan 36,13. Suhu evaporasi yang digunakan pada saat verifikasi yakni 84°C dikarenakan pada alat evaporasi tidak dapat di-*setting* dengan angka desimal, sehingga dilakukan pembulatan. Pada hasil diatas terdapat selisih antara hasil verifikasi dan hasil prediksi yakni pada nilai TSS sebesar 0,02% dan kecerahan sebesar 0,54%. Hasil selisih perbandingan tersebut kurang dari 5%, hal ini menunjukkan bahwa respon hasil pengujian sesuai dengan prediksi program. Menurut Budiandari (2014), jika terdapat selisih hasil verifikasi kurang dari 5% maka nilai prediksi dan hasil analisis tidak berbeda jauh sehingga menunjukkan ketepatan model.

4.6 Analisis Karakteristik Konsentrat Nira Sorgum Formulasi Optimum

Konsentrat nira sorgum yang optimum kemudian dilakukan analisis dengan parameter kimia dan fisik yang meliputi pH, brix, warna, turbiditas, viskositas, densitas dan rendemen. Nilai dari parameter yang diamati dapat dilihat pada **Tabel 4.15** berikut ini.

Tabel 4.15 Hasil Analisis Karakteristik Konsentrat Nira Sorgum

Analisis	Nira Sorgum Mentah*	Konsentrat Nira Sorgum Optimum*
pH	6,13 ± 0,01	6,01 ± 0,02
TSS (brix)	16,20 ± 0,07	42,40 ± 0,04
Warna		
L	36,0 ± 0,83	36,13 ± 0,68
a	-2,12 ± 0,45	+0,08 ± 0,47
b	+17,78 ± 1,04	+17,08 ± 2,04
Turbiditas (NTU)	1446,67 ± 6,50	1227 ± 19,07
Viskositas (cP)	2,33 ± 0,58	10,33 ± 2,08
Densitas (g/mL)	1,08 ± 0,01	1,18 ± 0,02
Rendemen (%)	-	28,64 ± 1,48

*hasil analisis merupakan nilai rata-rata dari 3 sampel

4.6.1 pH

Sebelum dilakukan evaporasi dan ditambahkan natrium metabisulfit, pH nira sorgum manis sebesar 6,13. Kemudian setelah menjadi konsentrat nira sorgum, pH konsentrat sebesar 6,01. Penurunan nilai pH ini dapat dikarenakan penambahan natrium metabisulfit. Berdasarkan MSDS, natrium metabisulfit memiliki pH sebesar 4,3. Menurut Diniyah dkk. (2012), proses evaporasi tidak menurunkan pH karena perlakuan pemekatan hanya bersifat fisik yakni penguapan air dari larutan gula saja sehingga tidak memberikan sumbangan ion H^+ atau pengaruh reaksi kimia.

Menurut penelitian Makori (2013), hasil dari proses evaporasi nira dari 2 varietas sorgum yang berbeda yakni sorgum manis JKUAT dan sorgum manis dari Rongo dengan nilai pH masing-masing sebesar 4,95 dan 5,39. Nilai pH dari hasil evaporasi tergolong asam dengan indikator komposisinya diantaranya adalah campuran gula-gula, asam organik dan mineral yang kompleks. Jika ditinjau, nilai pH nira cenderung dipengaruhi oleh musim, varietas dan umur tanaman sorgum manis saat dipanen. Nilai pH pada hasil evaporasi tergantung dari nilai pH awal pada nira serta kondisi pada proses pemekatan nira karena penghilangan atau konversi asam organik.

4.6.2 TSS

Pada konsentrat nira dengan suhu evaporasi dan penambahan natrium metabisulfit yang optimum didapatkan nilai TSS sebesar 42,40°Brix. Nilai TSS mengalami kenaikan dari yang sebelumnya yakni sebesar 16,2°Brix. Berdasarkan penelitian Mazumdar (2012), pada proses pembuatan sirup sorgum dilakukan pemekatan hingga didapatkan nilai TSS sebesar 40°Brix. Sedangkan

untuk proses pembuatan gula cair proses evaporasi dilakukan hingga didapat nilai TSS sebesar 73°Brix.

Peningkatan nilai TSS selama proses evaporasi berlangsung karena disebabkan oleh penurunan kadar air pada bahan. Menurut Herawati dkk. (2001), semakin tinggi suhu evaporasi maka penguapan akan terjadi semakin cepat sehingga waktu evaporasi yang dibutuhkan untuk mencapai nilai brix tertentu juga akan semakin cepat. Namun penggunaan suhu yang tinggi dapat mengakibatkan beberapa bahan yang sensitif terhadap panas seperti vitamin A, vitamin C, protein, pigmen serta gulayang mengalami kerusakan dan perubahan, salah satunya terjadinya reaksi pencoklatan enzimatis karena pigmen klorofil yang terdapat dalam nira sorgum rusak karena proses pemanasan (Susanto, 2007).

Nilai TSS konsentrat ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah komposisi nira dan kondisi pengolahan. Hasil pemekatan nira sorgum ini dapat digunakan sebagai pemanis pada beberapa produk seperti jus, minuman, susu, produk roti dan kembang gula (Pirgani, 2007).

4.6.3 Warna

Hasil analisis warna pada konsentrat nira sorgum yang optimum adalah sebagai berikut nilai L^* sebesar 36,15, a^* sebesar +0,08 dan b^* sebesar +17,08. Menurut penelitian Makori (2013), hasil evaporasi nira dari sorgum manis dari JKUAT (*Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology*) memiliki nilai L^* sebesar 22,87, a^* sebesar -0,28 dan b^* sebesar +1,82 Sedangkan hasil evaporasi dari nira sorgum manis yang berasal dari Rongo memiliki nilai L^* sebesar 21,80, a^* sebesar +0,68 dan b^* sebesar +0,11. Kualitas dari sirup dan semi-sirup yang diinginkan adalah apabila memiliki nilai a^* yang rendah dan nilai L^* yang semakin tinggi. Semakin tinggi nilai a^* dapat diindikasikan sebagai banyaknya gula yang mengalami karamelisasi sedangkan semakin tinggi nilai L^* dapat diindikasikan warna produk yang dihasilkan semakin cerah.

Sebelum dilakukan evaporasi, hasil analisa dari warna nira sorgum memiliki nilai L^* sebesar 36,0, a^* sebesar -2,12 dan b^* sebesar +17,78. Proses evaporasi pada nira dapat mempengaruhi warna dari produk yang dihasilkan, dimana semakin tinggi suhu pemasakan maka intensitas warna pada produk yang dihasilkan akan semakin tinggi. Warna kecoklatan pada hasil evaporasi dapat

disebabkan adanya reaksi *browning*Maillard dan karamelisasi yang menghasilkan pigmen melanoidin (pigmen warna coklat).Suhu pemasakan mempengaruhi reaksi karamelisasi yang terjadi selama evaporasi.Reaksi karamelisasi terjadi karena gula (glukosa, fruktosa, sukrosa, dll) dipanaskan hingga mencapai titik lelehnya, sehingga semakin tinggi pemasakan, semakin tinggi intensitas warna merah yang didapatkan (Makori, 2013). Menurut penelitian Dewi dkk.(2015), penambahan natirum metabisulfit memberikan pengaruh terhadap kecerahan warna gula.Hal ini dikarenakan penambahan natrium metabisulfit dapat digunakan sebagai penghambat reaksi pencoklatan, baik enzimatis maupun non enzimatis. Berdasar penelitian Saloko dan Lalu (2009), faktor suhu dan lama evaporasi juga memberikan pengaruh beda nyata terhadap warna gula semut yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu evaporasi, warna gula semut yang dihasilkan lebih gelap.

4.6.4 Turbiditas

Berdasarkan hasil analisis, turbiditas pada sampel konsentrat nira sorgum optimum yakni sebesar 1227 NTU dimana sebelum dievaporasi turbiditas nira sorgum sebesar 1446,67 NTU.Penurunan nilai turbiditas ini dikarenakan sebagian zat pengotor pada nira telah hilang pada saat dilakukan penjernihan dengan metode penambahan adsorben (zeolit) dan proses sentrifugasi. Menurut penelitian Ahrens Dorf *et al.*(2014), hasil dari evaproasi nira sorgum mengalami penurunan turbiditas dari yang awalnya 770 NTU menjadi 170 NTU. Adanya perbedaan penurunan nilai turbiditas ini disebabkan oleh perbedaan metode penjernihan yang digunakan.Pada penelitian Ahrens Dorf, penurunan nilai turbiditas lebih didominasi karena faktor metode penjernihan. Hasil yang terbaik didapatkan dari proses filtrasi yang dilakukan dengan menggunakan membran *reverse osmosis*. Turbiditas (kekeruhan) dapat diartikan sebagai jumlah padatan tersuspensi dalam cairan. Penurunan kekeruhan menunjukkan penurunan jumlah padatan tersuspensi. Pada metode *reverse osmosis*, kekeruhan nirasorgum harus dikurangi secara signifikan sebelum masuk ke membran *reverse osmosis*. Hal ini bertujuan untuk mencegah penyumbatan komponen.

4.6.5 Viskositas

Berdasarkan hasil konsentrat nira yang optimum, didapatkan nilai viskositas sebesar 10,33 cP (dengan 200 rpm). Sedangkan nilai viskositas nira sorgum mentah adalah sebesar 2,33 cP. Nilai viskositas konsentrat ini lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian Makori (2013), dimana viskositas pada hasil evaporasi nira sorgum manis dari JKUAT sebesar 23,80 cP dan hasil evaporasi nira sorgum manis dari Rongo sebesar 26,90 cP (dengan menggunakan 60 rpm). Hasil evaporasi nira sorgum manis menunjukkan karakteristik yang bisa dikaitkan dengan partikel asimetris yang terperangkap di sirup. Interaksi partikel atau intermolekul menurun seiring dengan meningkatnya laju geser (*shear rate*) sehingga terjadi penurunan viskositas. Penentuan viskositas sangat penting karena merupakan faktor penting dalam menentukan keseluruhan kualitas dan stabilitas dalam sebuah sistem pangan, penggunaan energi, desain dan pengendalian proses, serta pemilihan peralatan. Menurut Diniyah dkk. (2012), viskositas juga dapat dipengaruhi oleh lama waktu evaporasi. Semakin lama waktu evaporasi, viskositas akan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan air yang menguap akan semakin banyak dan total padatan terlarut juga akan semakin meningkat sehingga viskositas akan meningkat.

4.6.6 Densitas

Pada konsentrat nira sorgum optimum, setelah dilakukan pengukuran densitas didapatkan densitas konsentrat nira sorgum sebesar 1,182 g/mL dimana sebelum dilakukan evaporasi, densitas nira sorgum sebesar 1,08 g/mL. Sedangkan menurut penelitian Makori (2013), densitas pada hasil evaporasi nira sorgum manis dari JKUAT sebesar 1,41 g/mL dan densitas pada hasil evaporasi nira sorgum manis dari Rongo sebesar 1,31 g/mL. Densitas memiliki keterkaitan dengan total padatan terlarut. Sama seperti total padatan terlarut, besarnya densitas tergantung dari banyaknya air dalam nira. Apabila jumlah air berkurang, menandakan bahwa jumlah padatan terlarut nira menjadi bertambah. Menurut Kuspratomo dkk. (2012), proses pemanasan membuat jumlah kadar air berkurang yang disebabkan karena adanya proses penguapan yang terjadi, sehingga jumlah padatan terlarut meningkat yang juga mengakibatkan meningkatnya densitas nira. Densitas biasanya secara rutin diukur untuk mengetahui konsentrasi karbohidrat pada sirup, jus dan minuman di industri makanan (Akbulut dan Ozcan, 2008).

4.6.7 Rendemen

Rendemen merupakan salah satu parameter untuk mengetahui seberapa besar produk yang dihasilkan dari proses produksi, yang dinyatakan dengan perbandingan antara jumlah produk yang dihasilkan dan jumlah bahan yang digunakan. Pada industri gula pasir, perhitungan rendemen dilakukan dengan menggunakan alat *brix weigher* dengan menggunakan koreksi suhu. Sedangkan pada proses pembuatan konsentrat ini, rendemen dihitung dengan menghitung perbandingan antara konsentrat yang dihasilkan dengan banyaknya nira sorgum yang digunakan. Berdasar hasil analisis dari konsentrat nira sorgum yang optimum, didapatkan rata-rata nilai rendemen sebesar 28,64% dimana 1 kg sorgum yang digiling menghasilkan 324 ml nira sorgum yang selanjutnya diolah hingga menghasilkan 113 ml konsentrat nira sorgum. Menurut penelitian di Tennessee University (1985), dibutuhkan 6 *gallons* nira sorgum untuk membuat 1 *gallons* semi-sirup nira sorgum (jika dihitung, rendemen yang didapatkan sekitar 16,67%).

Sedangkan berdasar pada penelitian Lo *et al.* (2007), hasil dari nira tebu segar dan konsentrat dapat diperkirakan dari jumlah nira yang diperoleh setelah ekstraksi dan proses pengolahan konsentrat dengan metode beku. Dari tebu sebanyak 4 kg menghasilkan sekitar 2 liter nirasegar dan ini kemudian diproses sehingga menghasilkan sekitar 500 ml konsentrat nira beku. Nilai TSS dari konsentrat nira beku ini dikontrol pada 30°Brix. Menurut Sitohang (2006), beberapa faktor yang mempengaruhi rendemen adalah mutu dari bahan baku yang digunakan, kondisi pada saat proses pengolahan dan juga adanya *impurities* (zat pengotor). Selain itu, semakin tinggi suhu penguapan maka rendemen sirup semakin menurun. Hal ini dikarenakan selama proses penguapan akan terjadi kehilangan asam-asam organik dan air lebih banyak dari dalam sirup. Kehilangan komponen-komponen tersebut mengakibatkan terjadinya penurunan rendemen sirup yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu penguapan, proses kehilangan komponen-komponen tersebut akan semakin banyak dan semakin cepat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Salah satu perubahan yang terjadi akibat proses evaporasi dengan suhu tinggi yang digunakan pada proses pembuatan konsentrat nira sorgum adalah terjadinya perubahan warna pada produk yang dihasilkan menjadi lebih gelap akibat terjadinya reaksi pencoklatan
2. Penambahan natrium metabisulfit pada proses pembuatan konsentrat nira sorgum dapat mempengaruhi karakteristik konsentrat yang dihasilkan. Penambahan natrium metabisulfit dapat membuat warna konsentrat yang dihasilkan menjadi lebih terang (nilai L^* semakin tinggi) karena natrium metabisulfit dapat mengikat melanoidin (pigmen warna coklat) yang terbentuk pada reaksi pencoklatan, baik reaksi *maillard* maupun karamelisasi
3. Berdasarkan penelitian analisis permukaan respon dengan menggunakan rancangan *central composite design*, didapatkan hasil optimum suhu evaporasi yang digunakan adalah sebesar $83,71^{\circ}\text{C}$ dengan penambahan natrium metabisulfit sebesar 0,50 g/L. Hasil prediksi untuk sampel optimum berdasarkan analisis permukaan respon adalah nilai TSS sebesar $42,44^{\circ}\text{Brix}$ dan kecerahan sebesar 36,67. Pada saat dilakukan verifikasi, didapatkan nilai TSS $42,40^{\circ}\text{Brix}$ dan kecerahan (L) sebesar 36,13

5.2 Saran

Penelitian ini menggunakan bahan kimia berupa natrium metabisulfit sebagai penghambat melanoidin yang terbentuk pada reaksi pencoklatan sehingga konsentrat yang dihasilkan memiliki warna lebih terang. Namun menurut BPOM penggunaan natrium metabisulfit aman digunakan jika berada dalam batasan 0-0,7 mg/kg berat badan sehingga diperlukan penelitian mengenai pembuatan konsentrat nira sorgum yang memiliki warna cerah dengan menggunakan bahan alami yang lebih aman.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, Kgs, dan Wahyu, M. 2007. **Chemical Activation of Natural Zeolite for Purification of Fish Oil From By Product of Fishmeal Processing**. Jurnal Teknologi Pertanian Vol. 8 (2)
- Ahrens Dorf, T. J., Jacob M. H. John D. H . 2014. **Reverse Osmosis to Increase the Brix Content of Sweet Sorghum Sugar Solution**. Arizona: The University of Arizona
- Akbulut M., Oscan M. M. 2008. **Some Physiscal, Chemical, and Rheological Properties of Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), Pekmez (Molasses)**. International Journal of Food Properties 11: 79-91
- Andriani, A. 2016. **Morfologi dan Fase Pertumbuhan Sorgum**. Dilihat pada 21 Oktober 2017. <http://balitsereal.litbang.pertanian.go.id>
- Andrzejewski, B., Gillian E., dan Randall P. 2013. **Pilot Plant Clarification of Sweet Sorghum Juice and Evaporation of Raw and Clarified Juices**. Industrial Crops and Products 49, 648– 658
- Anggraini, A. S. P. 2016. **Proses Pemurnian Nira Mentah Dengan Cara Sulfitasi Terhadap Kualitas Nira Encer**. Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Vol. 5 (3)
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1995. **Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists 16th ed.** Washington DC: AOAC International
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1999. **Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists 16th ed.** Washington DC: AOAC International
- APV, An SPX Brand. 2008. **Evaporator Handbook**. USA: Global Headquarters
- Aqil, M., A.H. Talanca, Zubachtirodin, dan A. Nur. 2013. **Highlight Balai Penelitian Tanaman Serealia 2012**. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan

- Arifiandina, Y., Susanggih W., Arie F. 2014. **Pengaruh Penambahan Adsorben terhadap Kualitas Gula Sirup Palma Berbahan Baku Nira Aren (Kajian Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Adsorben yang Ditambahkan)**. Malang: Universitas Brawijaya
- Arsa, Made. 2016. **Proses Pencoklatan (*Browning Process*) pada Bahan Pangan**. Bali: Universitas Udayana
- Aulia, A. 2008. **Studi Stabilitas dan Fortifikasi Vitamin C pada Pembuatan Konsentrat Jeruk Pontianak**. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Aziz, T., Yuanita, Susanti. 2010. **Ekstraksi Eugenol dari Daun Salam India (*Laurus nobilis lauraceae*)**. Jurnal Teknik Kimia, No. 3, Vol. 17
- Azmi, T. I., Sapta R., Prayoga S., Ani S. 2011. **Penghambatan Degradasi Sukrosa Nir Tebu Menggunakan Gelembung Gas Nitrogen dalam Rekator Venturi Bersirkulasi**. Jurnal Teknik Industri Pertanian No. 3, Vol. 19: 182-190
- Badan Litbang Pertanian. 2011. **Potensi dan Teknologi Penanganan Sorgum Sebagai Olahan Pangan**. Dilihat pada 21 Oktober 2017. www.litbang.pertanian.go.id
- Badan Pengawas Obat dan Makanan. 2013. **Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 36 Tahun 2013 tentang Batas Maksimum Penggunaan Bahan Tambahan Pangan Pengawet**. Dilihat pada 22 Oktober 2017. www.asrot.pom.go.id
- Batoul, Y. H. A., 2006. **Evaluation of Sweet Sorghum Genotypes for Ethanol Production**. pp:1-82
- Budiandari, R. U. 2014. **Optimasi Proses Pembuatan Lempeng Buah Lindur (*Brugurera gymnorrhiza*) sebagai Alternatif Pangan Masyarakat Pesisir**. Jurnal Pangan dan Agroindustri Vol.2(2): 10-18
- Chavan U. D. J. V., Patil, & M. S., Shinde. 2009. **An Assessment of Sweet Sorghum Cultivars for Ethanol Production**. Sugar Tech 11(4): 319-323

- Codex Alimentarius. 2005. **Codex Generala Standard for Fruit Juices and Nectars (CODEX STAN 247-2005)**. Dilihat pada 24 Februari 2018. www.fao.org
- Daru, M. 2003. **Budidaya Rumput Hermada di Lahan Kering dan Kritis**. Yogyakarta: Kanisius
- Departemen Pertanian. 2004. **Program Pengembangan Tanaman Sorgum – Makalah Sosialisasi Pengembangan Agribisnis Sorgum Dan Hermada**. Jakarta, pp. 10-11
- Diniyah, N., Simon B. W. dan Hari P. 2012. **Teknologi Pengolahan Gula Coklat Cair Nira Siwalan (*Borassus flabellifer* L.)**. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan, Vol. XXIII No.1. Jember: Universitas Jember
- Eggleston, G., Birkett, H., Gay, J., Legendre, B., Jackson, W., Schudmak, C., Monge, A., Andrzejewski, B., Viator, R., Charlet, C., 2012. **How combine harvesting of green cane billets with different levels of trash affects production and processing. Part II: pilot plant process to raw sugar**. Intern. Sugar J. 114, 169–178
- Erwinda. D., Wahono H. S. 2014. **Kualitas Gula Merah**. Jurnal Pangan dan Agroindustri Vol 2(3): 54-64
- Estiasih, T. dan Ahmadi Kgs. 2009. **Teknologi Pengolahan Pangan**. Malang: Bumi Aksara
- Fanindi, A, Siti Y. dan Wahyu H. 2005. **Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Sorgum (*Sorghum Bicolor* (L) Moench dan *Sorghum Sudanense* (Piper) Staf) Yang Mendapatkan Kombinasi Pemupukan N, P, K Dan Ca**. Bogor: Balai Penelitian Ternak
- Food and Agricultural Orgaization (FAO). 1994. **Intergrated Energy System in China, the Cold Northeastern Region Experience**. FAO Corporation Document Repository. Dilihat pada: 21 Januari 2018. www.faostat.org

- Food Safety and Standard Act (FSSA). 2006. **Establishment of Food Safety and Standard Authority of India**. Dilihat pada: 10 Februari 2018. www.fssai.gov.in
- Glover, W. B. 2004. **Selecting Evaporators for Process Applications**. Dilihat pada: 20 Oktober 2017. www.cepmagazine.org
- Herawati, H., Bram K., Budi N. 2001. **Pengolahan Konsentrat Sari Buah Labu Jepang (*Kobucha*) dengan Menggunakan Evaporator**. Prosing Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pascapanen untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian
- Holou, R. A. Y., Gene S. 2012. **Juice, Sugar, and Bagasse Response of Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench. Cv. M81E) to N Fertilization and Soil Type**. Global Change Biology 4: 302-310
- Indrayani. 2012. **Model Pengeringan Lapisan Tipis Temu Putih (*Curcuma zedoaria* berg. rocs.)**. Dilihat pada 29 Januari 2018. <http://www.investintech.com>
- Isa, M. S. dan Pradanan, Y. 2008. **Flower Image Retrieval Berdasarlan Color Moments. Centroid-Contour Distance dan Angle Code Histogram**. Konferensi Nasional Sistem dan Informatika Bali108 (57): 321-326
- Iskandar, A. 2001. **Kajian Teknologi Produksi Pasta Tomat Menggunakan Evaporator Vakum**. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Jacobs, M. B. 1958. **The Chemistry and Technology of Food and Food Product**. New York : Interscience Publisher
- Jia, F., Jeerwan C., Mark R. R. 2013. **Efficient Extraction Method To Collect Sugar From Sweet Sorghum**. Journal of Biological Engineering, 7:1
- Kementrian Perindustrian RI. 2016. **Implementasi Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 10/M-IND/3/2017 dan Kebijakan Pembangunan PG Baru dan Pengembangan PG Existing Berbasis Tebu**. Dilihat pada: 11 November 2017 <https://www.p3gi.co.id/>

- Kuspratomo, A. D., Burhan, M. Fakhry. 2012. **Pengaruh Varietas Tebu, Potongan dan Penundaan Giling Terhadap Kualitas Nira Tebu.** Jurnal Agrotek Vol. 6(2):123-132
- Kusuma, J., F. N. Azis, Erifah, M. Iqbal, A. Reza, Sarno. 2008. **Sorgum.** Universitas Jenderal Soedirman: Purwokerto
- Lo. W. M. L. S. T. Chua, Abbas F., M. E. Azhar. 2007. **Eveluation of Freeze-Concentrated Sugar Cane Juice.** Journal Tropic Agriculture and Food Science Vol. 35 (1): 121-129
- Madamba, P. S. 2005. **Determination of Optimum Intermittent Drying Conditions for Rough Rice (*Oryza Sativa, L.*)** Lebensm, Wiss. U— Technol 38: 157-165
- Makori, E. M. 2013. **The Potential of Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor (L.) Moench*) as a Bio-Resource for Syrup and Ethanol Production in Kenya.** Kenya: Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology
- Maharani, D. M., Rini Y., Shinta R. D. Yusron S., Dina W. I. 2014. **Pengaruh Penambahan Natrium Metabisulfit dan Suhu Pemasakan dengan Menggunakan Teknologi Vakum Terhadap Kualitas Gula Merah Tebu.** Jurnal Agritech Vol. 34(4): 365-373
- Marie, S., J. R. Piggot. 2001. **Handbook of Sweeteners.** New York: Blackie and Son Ltd
- Mazumdar, D. 2012. **Innovative Use if Sweet Sorghum Juice in the Beverage Industry.** International Food Research Journal 19(4): 1361-1366
- Muchtadi, T.R dan Sugiyono. 2013. **Prinsip Proses Pengolahan Pangan.** Bogor: Alfabeta
- Mulyani, Dewi. 2016. **Kajian Suhu Kristalisasi dan Konsentrasi Etanol pada Kristalisasi Molase yang Dijernihkan.** Bandung: Universitas Pasundan

- Nastiti, M. A. 2014. **Pengaruh Konsentrasi Natrium Metabisulfit dan Suhu Pengeringan Terhadap Karakteristik Tepung Ampas Tahu**. Malang: Universitas Brawijaya
- Noerhartanti,E,. Tri R. **Karakterisasi GulaCair Batang Sorgum (*Sorghum sp.*)**. Surabaya: Universitas Wijaya Kusuma
- Pabendon. 2012. **Pemanfaatan Nira Batang, Bagas, dan Biji Sorgum Manis Sebagai Bahan Baku Bioetano**. Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan Vol. 31 (3)
- Pirgani, E. 2007.**Sorghum – Natural Sweetener for Foods**. Moldova: Institute of Research and Technological Project in Food Industry
- Plessis, J. 2008. **Sorghum Production**. South Africa: Department of Agriculture
- Praja, D. I. 2015. **Zat Aditif Makanan: Manfaat dan Bahayanya**. Yogyakarta: Penerbit Garudhawaca
- Raissi, S., Farsani, R.E. 2009. **Statistical Process Optimization Trough Multiresponse Surface Methodology**. Woorld Academy of Science, Engineering and Technology 51: 267-271
- Rane, M. V., Siddarth K. J. 2004. **Freeze Concentration of Sugarcane Juice in a Jaggery Making Process**. India: Indian Institute of Technology Bombay, Powai, Mumbai
- Romlah, N. 2016. **Pengaruh Penambahan Natrium Metabisulfit dan Lama Blanching terhadap Sifat Fisikokimia Tepung Pisang Mas**. Malang: Universitas Brawijaya
- Russhel, N. J., G. W. Gould. 2003. **Food Preservatives 2nd Edition**. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers
- Saloko S., Lalu L. 2009. **Pembuatan Gula Semut Aren Menggunakan Teknik Penguapan Hampa**. Mataram: Universitas Mataram
- Shoemaker, C.E. and Bransby D. I. 2010. **Chapter 9: The Role of Sorghum As A Bioenergy Feedstock in R. Braun, D. Karlen and D. Johnson (Eds.) Proceeding of the Sustainanle Feedstocks for Advance**

- Biofuels.** Workshop: Sustainable Alternative Fuel Feedstock Opportunities, Challenges, and Roadmaps for Six U.S. Regions: 149-160
- Sirappa, M.P. 2003. **Prospek Pengembangan Sorgum di Indonesia Sebagai Komoditas Alternatif Untuk Pangan, Pakan, dan Industri.** Jurnal Litbang Pertanian, 22(4)
- Sitohang, Apul. 2006. **Pengaruh Konsentrasi Gula dan Suhu Pengeringan terhadap Mutu pada Pembuatan Sirup Markisa Kering.** Media Unika No. 87 Edisi 1
- SNI 06-6989.25-2005. **Air dan Air Limbah – Bagian 25: Cara Uji Kekeruhan dengan Nefelometer.** Dilihat pada: 1 November 2017. sisni.bsn.go.id/
- SNI 01-2891-1992. **Cara Uji Makanan Dan Minuman.** Dilihat pada: 11 Oktober 2017. sisni.bsn.go.id/
- SNI 01-5344-1994. **Gula Cair Sirup.** Dilihat pada: 10 Oktober 2017. sisni.bsn.go.id/
- Soeranto, H. 2002. **Perbaikan Varietas Tanaman Gandum melalui Pemuliaan Mutasi.** Prosiding Pertemuan Koordinasi Penelitian dan Pengembangan Gandum
- Suarni. 2012. **Potensi Sorgum Sebagai Bahan Pangan Fungsional.** Jurnal IPTEK Tanaman Pangan Vol. 7 No. 1
- Sularso, S. 2009. **Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin.** Jakarta: PT. Prandnya Paramita
- Suprpti. M. L. 2003. **Teknologi Pengolahan Pangan: Aneka Awetan Jahe.** Yogyakarta: Penerbit Kanisius
- Supriyanto. 2010. **Pengembangan Sorgum di Lahan Kering untuk Memenuhi Kebutuhan Pangan, Pakan, Energi dan Industri.** Bogor: Simposium Nasional
- Susanto, A. 2007. **Pengaruh Perendaman dalam Asam Organik dan Metode Pengeringan Terhadap Pencoklatan Enzimatis pada Pengolahan Lada Hijau.** Bogor: Institut Pertanian Bogor

- Suzanne, S. N. 2010. **Food Analysis 4th Edition**. USA: Purdue University
- Tabri, F. dan Zubachtirodin. 2014. **Budi Daya Tanaman Sorgum**. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
- Tati, N. 2003. **Serealia Sumber Karbohidrat Utama**. Jakarta: P.T Rineka Cipta Jakarta
- USDA. 2008. **Classification for Kingdom Plantae Down to Species Sorghum bicolor (L.) Moench (online)**. Dilihat pada: 24 Oktober 2017. www.plants.usda.gov/
- USDA. 2016. **Basic Report 19355 for Sorghum Syrups (online)**. Dilihat pada: 1 November 2017. <https://ndb.nal.usda.gov/ndb>
- Wallas, S. M. 1998. **Chemical Process Equipment**. USA: Butterworth Publisher
- Wilhelm, L. R., Ivon E. M. 1985. **An Evaluation of Sorghum Syrup Processing Operations in Tennessee**. Knoxville: Institute of Agriculture University of Tennessee
- Wittenberg, M. M. 2013. **The Essential Good Food Guide: The Complete Resource for Buying and Using Whole Grains and Specialty Flours, Heirloom Fruits and Vegetable, Meat and Poultry, Seafood and More**. USA: Ten Speed Press
- Yanuwar, W. 2002. **Aktivitas Antioksidan dan Imunomodulator Serealia Non Beras**. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Yulianto, G. F. 2013. **Pembuatan Jamu Anti Obesitas dengan Bahan Baku *Haemotococcus pluvalis* flotow, *Padina australls houck*, dan Rimpang Bengle**. Skripsi. Malang: Universitas Machung
- Yuwono, S. S., Tri S. 1998. **Pengujian Fisik Pangan**. Malang: Universitas Brawijaya
- Zhang, C., Xie G., Li S., Ge, L., & He, T. 2010. **The Productive Potential of Sweet Sorghum Ethanol in China**. Applied Energy, 87:2360-2368